Workshop Internazionale

TECNOLOGIE INNOVATIVE PER L'IRRIGAZIONE DELLE PIANTE ORNAMENTALI IN VASO

Pistoia, 10 luglio 2009

Handouts
(sessione mattutina)

Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

Arsia

Il ruolo dell'ARSIA nello sviluppo e nel trasferimento dell'innovazione nel settore dell'irrigazione

Claudio Carrai - Stefania Nuvoli

Mondo scientifico

Arsia

Sistema produttivo

Promozione della ricerca

Collaudo e trasferimento di innovazioni

Attività conoscitive

Supporto ad Istituzioni Pubbliche

Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

Arsia

La promozione della ricerca

TAVOLO IMPRENDITORIA E ENTI LOCALI → ESIGENZE → **TAVOLO MONDO SCIENTIFICO** → PROPOSTE → **TAVOLO SEDUTA PLENARIA** → **AZIONI di ricerca**

Rete delle Regioni per la ricerca in agricoltura

Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

Arsia

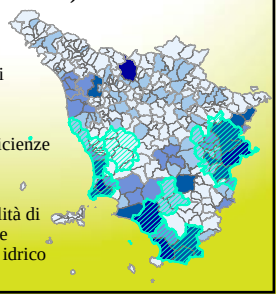
Progetto Seagrit

"Razionalizzazione degli impieghi irrigui per la gestione sostenibile delle risorse idriche regionali "

(2004-2007)

Obiettivi:

- Rilevazione dei prelievi agricoli
- Valutazione delle inefficienze irrigue
- Trasferimento di modalità di gestione dell'irrigazione finalizzate al risparmio idrico



Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

Arsia

PROGETTO IDRI
(2002-2004)

FILIERA FLOROVIVAISTICA

16 partners 5 enti di ricerca
11 soggetti imprenditoriali

COORDINAMENTO: CESPEVI - DBPA

IMPIANTO PILOTA REIMPIEGO REFLUI

VERIFICA TECNICHE DI RISPARMIO IDRICO

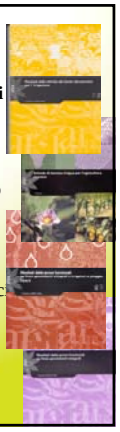
STUDI E TEST SULLA SENSORISTICA

MANUALE USO RAZIONALE DELL'ACQUA NEL FLOROVIVAISMO

Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

Arsia

Il Collaudo e il trasferimento di innovazioni



Iniziative sperimentali: Centri dimostrativi

Realizzazione di strumenti di supporto tecnico

- Informatici: software
- Editoriali: quaderni, fascicoli, brochure

Iniziative divulgative: seminari, incontri tecnici

Iniziative formative: corsi per tecnici

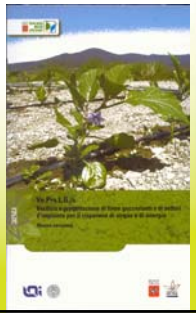
Portale dell'ARSIA: Servizio Agrinnova Trasferimento

Regione Toscana

Arsia

Ve.Pro.L.G./s

Ve.Pro.L.G./s – Verifica e progettazione di linee gocciolanti e di settori d'impianto per il risparmio di acqua e di energia (2006)

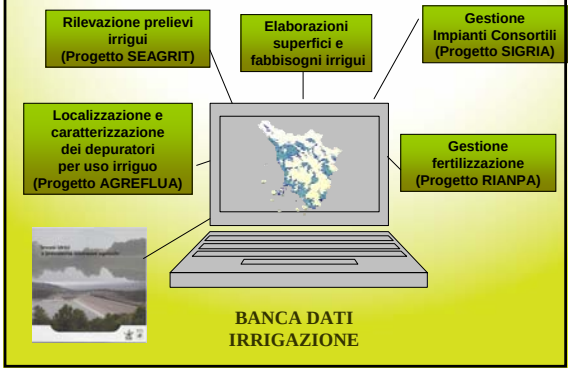


http://risorseidriche.arsia.toscana.it/

Servizio di Assistenza all'Irrigazione

http://agroambiente.info.arsia.toscana.it

Attività conoscitive



Regione Toscana

Arsia

Strategie integrate per la gestione e la tutela delle risorse idriche

- caratterizzazione della domanda irrigua
- razionalizzazione degli interventi irrigui
- miglioramento della gestione degli impianti
- utilizzo di risorse alternative (reflui)
- valorizzazione delle acque superficiali

➡ **Tutela quantitativa**

⬇

- razionalizzazione degli apporti fertilizzanti

➡ **Tutela qualitativa**

Crisi idrica e Direttiva Quadro sulle Acque:
le sfide nel prossimo decennio

Cecilia Stanghellini, Wageningen UR Greenhouse Horticulture

WAGENINGEN UR

WAGENINGEN UR

- introduzione: l'acqua, quanta?
- prognosi a livello europeo
- i due (+1) "poli" della direttiva quadro
- cosa si puó ottenere?
- conclusione

WAGENINGEN UR

The future is challenging…

- FAO estimates that in the next 20 years world food production must increase by 50%
- and estimates that 80% of the necessary increase must come from intensification
- Intensification = more production with less resources
  - Energy
  - Soil
  - Water
  - ….

Intensification may not mean pollution

Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

For instance: 50% more water?

Agricultural water use as % of total	
Africa	88
Asia	86
ex-USSR	65
South America	59
North and Central America	49
Oceania	34
Europe	33
World	69

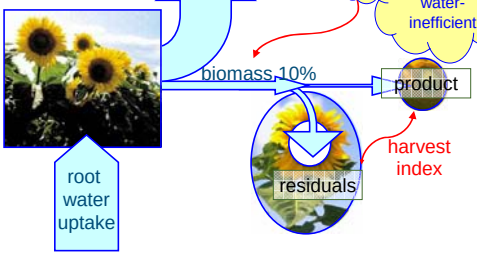
how?

Higher **efficiency** of irrigation water use

"MORE CROP PER DROP"

Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

Water use efficiency of crops (WUE)



Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

Water Use Efficiency of crops (WUE)...

WUE = transpiration efficiency × harvest index

Litres of water per dry kg of…	
Potatoes	500
Wheat	900
Tomato	1000
Maize	1400
Rice	2000
Chicken	*3500*
Beef	*>20000*

(OECD, 1999; Stanhill, 1980)

Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

All together…

- Amount of water needed to produce food for a balanced diet is 2000 m^3/(person·year)
- Currently 40% of world food supplies come from irrigated agriculture
- 40% of water supply of irrigated agriculture is irrigation water

Household water use in Europe is
150 to 200 $l_{persona\ giorno}$
55 to 75 m^3/(person.year)

...that makes 320 m^3/(person·year) irrigation water

Cecilia Stanghellini

WAGENINGEN UR

WAGENINGEN UR

- introduzione: l'acqua, quanta?
- prognosi a livello europeo
- i due "poli" della direttiva quadro
- cosa si puó ottenere?
- conclusione

WAGENINGEN UR

Situazione presente (2007) Documento EU COM(2007)414

- 15% dell'area EU e 17% della popolazione è stata affetta da siccità nel periodo 2000-2006
- Agricoltura usa 64% delle risorse idriche
- Conflitto con l'espansione del turismo in Sud Europa
- La tariffazione dell'acqua non ha relazione con la sua scarsitá
- Inefficienza a livello EU = 20% delle risorse

WAGENINGEN UR

Cecilia Stanghellini

Prognosi in assenza di azione a livello EU

- L'impatto dello sviluppo economico e sociale è paragonabile all'impatto del cambio climatico
- L'area soggetta a siccità puó passare dal 15% oggi al 35% nel 2070
- Utilizzazione inappropriata del suolo in zone a rischio
- Spreco e uso inefficiente di acqua in molti settori (incluso quello domestico)

WAGENINGEN UR

Cecilia Stanghellini

WAGENINGEN UR

- introduzione: l'acqua, quanta?
- prognosi a livello europeo
- i due (+1) "poli" della direttiva quadro
- cosa si puó ottenere?
- conclusione

WAGENINGEN UR

Strumenti

- A: "Misure finalizzate unicamente all'approvvigionamento idrico"
  - dighe e bacini
  - dissalatori
- B: "Misure finalizzate unicamente alle politiche di tariffazione dell'acqua"
  - una tariffazione efficace dell'acqua
  - il recupero dei costi di purificazione
- C: Approccio integrato
  - ripartizione efficiente dell'acqua e pianificazione sostenibile
  - incentivare le tecnologie e le tariffe che aumentano l'efficienza
  - favorire la diffusione di una cultura del risparmio idrico
  - incentivare nuovi approvvigionamenti idrici

WAGENINGEN UR

Cecilia Stanghellini

Agire solo sulla tariffazione dell'acqua non basta

- In agricoltura si produce uno shift verso colture di alto valore
  - Peró le tariffe attuali non giustificano il risparmio idrico su basi finanziarie
  - *…e tariffe che lo giustificano mandano a carte 48 tutto il settore*
- La domanda domestica non è "elastica"
  - *Cioè ci si lava lo stesso anche se l'acqua è cara*
- La direttiva-quadro permette agli stati di aggiustare I prezzi in base a considerazioni sociali

Cecilia Stanghellini

Costi stimati di questa acqua ≅ 1.36 €/m³ KWIN, 2004

con 1000 m³/ha = 100 mm → la pioggia copre 70% del fabbisogno

costi = diretti & costi di capitale + mancati redditi dell'area

… e raccolta dell'acqua piovana in Sicilia

18 m profondità, capacità ≅ 600 mm

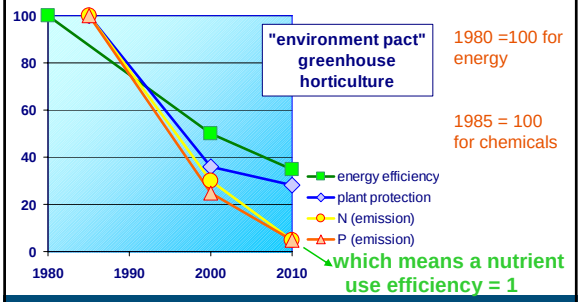
Analisi comparata delle conseguenze

	Water supply only		Water price only	Integrated approach	
Horizon / Impact	Short term	Long term		Short term	Long term
Economic	++	–	+	++	+++
Social	+	–	+/–	+/–	+
Environment	–	–	+	++	+++

Documento EU COM(2007)414

Cecilia Stanghellini

Compulsory reduction in use of energy & chemicals, Dutch horticultural sector

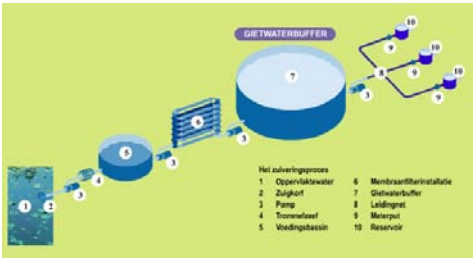


Cecilia Stanghellini

Raccolta dell'acqua piovana in Olanda
(dove l'acqua NON è scarsa)

Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

Allocazione efficiente dei costi di immagazzinamento



- 546 €/anno per m³/ora capacità di flusso + 0.25 €/m³ **O…**
- 206 €/anno e max capacità di flusso di 1 m³/hour + 0.58 €/m³

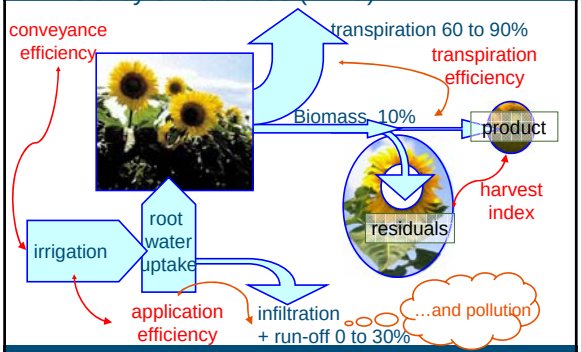
Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

WAGENINGEN UR

- introduzione: l'acqua, quanta?
- prognosi a livello europeo
- i due (+1) "poli" della direttiva quadro
- cosa si puó ottenere?
- conclusione

WAGENINGEN UR

Efficiency of water use (EWU)



Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

Efficienza d'uso dell'acqua nel pomodoro

(litri$_{acqua}$/ kg$_{materia\ secca}$)

Gestione	Ambiente: campo	Ambiente: serra
mediocre	13,870	2,432
eccellente	4,198	1,058

Con un contenuto di 5% di materia secca, questi sono 20 kg$_{pomodori}$/ m$^3_{acqua}$

Fereres & Orgaz, Acta Horticult

Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

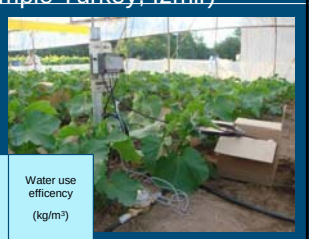
Possibilità di risparmio idrico in agricoltura

Miglioría	*Risparmio possibile*
Distribuzione	10 - 25%
Applicazione	15 - 60%
Pratiche irrigue	30%
Colture resistenti	fino al 50%
Uso acque reflue	10%

EU Water saving potential
ENV.D.2/ETU/2007/0001r 19 July 2007

WAGENINGEN UR Cecilia Stanghellini

Deficit irrigation (Example Turkey, Izmir)

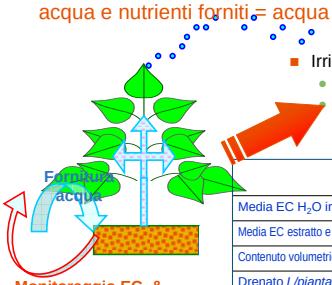


	Irrigation water (mm)	Yield (kg/m²)	Water use efficency (kg/m³)
Full irrigation	692	27,8 a	46,2
Deficit 1	396	20,3 b	51,9
Deficit 2	451	22,8 b	51,8
Grower's practice	656	23,6 ab	43,8

WAGENINGEN UR

Usare meno acqua…

acqua e nutrienti forniti = acqua e nutrienti asportati



Monitoraggio EC & contenuto idrico

- Irrigazione senza drenato
  - Controllo dell'acqua disponibile
  - Controllo di EC nell'area radicale

Peperone dolce

	Riferi-mento	senza drenato
Media EC H_2O irrigua *dS/m*	2.37	1.51
Media EC estratto e drenato d*S/m*	2.9	2.9
Contenuto volumetrico acqua %	63	49
Drenato *L/pianta*	201.5	18.5
Resa *kg/pianta*	4.2	4.2

Cecilia Stanghellini WAGENINGEN UR

WAGENINGEN UR

- introduzione: l'acqua, quanta?
- prognosi a livello europeo
- i due (+1) "poli" della direttiva quadro
- cosa si puó ottenere?
- conclusione

WAGENINGEN UR

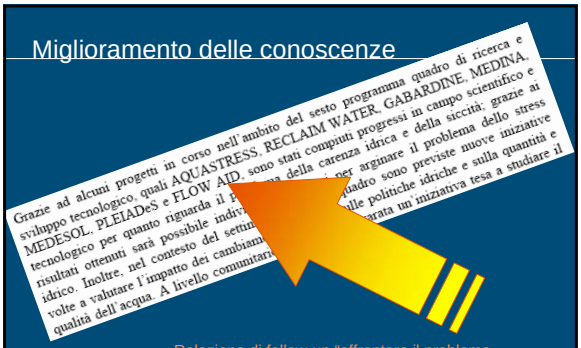
Strumenti e tendenze

Documento EU SEC(2008)3069

- Misurazione dei consumi e tariffazione
- Ripartizione piú efficace di acqua e fondi pubblici
  - Pianificazione dell'uso del suolo
  - Finanziazione dell'efficienza idrica
- Gestione della siccità
- Infrastrutture di approvvigionamento
- Tecnologie e pratiche per l'uso efficiente
- Cultura del risparmio
- Miglioramento delle conoscenze

WAGENINGEN UR Cecilia Stanghellini

Miglioramento delle conoscenze


Grazie ad alcuni progetti in corso nell'ambito del sesto programma quadro di ricerca e sviluppo tecnologico, quali AQUASTRESS, RECLAIM WATER, GABARDINE, MEDINA, MEDESOL, PLEIADeS e FLOW AID, sono stati compiuti progressi in campo scientifico e tecnologico per quanto riguarda il problema della carenza idrica e della siccità; grazie ai risultati ottenuti sarà possibile indirizzare politiche idriche e sulla quantità e idrico. Inoltre, nel contesto del settore ... volte a valutare l'impatto dei cambiamenti ... qualità dell'acqua. A livello comunitario ... ata un'iniziativa tesa a studiare il

Relazione di follow-up "affrontare il problema della carenza idrica" COM(2008)875

WAGENINGEN UR Cecilia Stanghellini

FLOW-AID, an Assistant for Deficit Irrigation

International Workshop on

"Innovative irrigation technologies for container-grown ornamentals"

Centro Sperimentale Vivaismo
Pistoia (Italy), 10 July 2009

Jos Balendonck

European Project

- 7 universities + 3 companies from 8 countries
- NL, UK, ES, IT, GR, TR, LB, JO
- Italy:

2006 - 2009

Outline

- Introduction
- Technology "building blocks"
- Case study results
- Conclusions

Trends in Water Management

High (fresh) water availability

Low water availability

Low water quality

Deficit Irrigation

No restrictions on water use

- Farmer practices
  - Irrigation amounts depend on availability
  - Give enough water and fertilizer to maximize crop yield
  - Give more, to be sure that all plants get enough (variability)
- result in …
  - Good crop yield and income
  - Leaching or run-off of water and fertilizers
  - Higher costs due to over use of water and fertilizers

Fresh Water or Leaching Restrictions

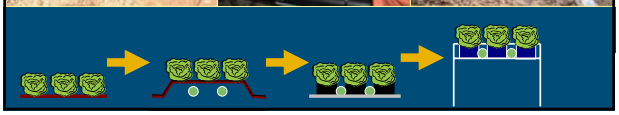
- Use of less water and fertilizer, as well as
- Use of marginal water resources may result in:
  - Crop damage
  - Diseases
  - Yield loss
  - Lower income
- Adapt growers practice to:
  - avoid or minimize crop losses by
  - optimal water and fertilizer management

Objectives of FLOW-AID

- SAVE WATER
  - Efficient use of available water
- SAVE NUTRIENTS
  - Rational use of nutrients and marginal water resources
- SAVE THE ENVIRONMENT
  - Prevent leaching of chemicals
- SAVE FARMER INCOME
  - Maintain crop yields at affordable investments

Solutions

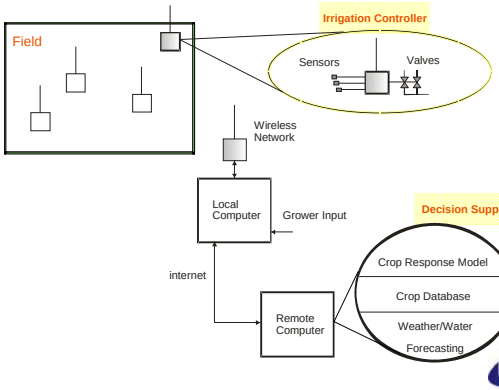
- Grow detached from soil
- Reuse your water and nutrients
- Use drip irrigation with fertigation
- Automate the irrigation process



How to support growers?

- Decision Support System:
  - Advice when and how much to irrigate
  - Advice when and how much to fertigate
- Tools to determine amount and source of water
  - Continuous feed-back about crop status: Sensors
  - Process Automation: controllers, computer software

System Layout

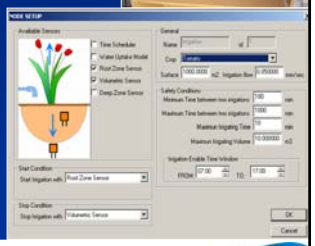


Irrigation (Fertigation) Controller

- Stand-alone operation
  - Programmed by grower
  - Advised by DSS
  - Wired or Wireless
- START/STOP
  - Timed
  - Sensor based
  - Multiple valves
  - Multiple water sources

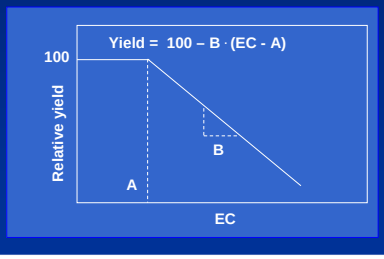
DSS-Irrigation Scheduler

- Day to day planning
- Upload local data
- Water availability
- Weather Forecasts
- Plant Status (monitoring)
- Crop Stress Model
- ET-model
- Set Irrigation Controllers
- Safety (warnings)
- Receive e-mails from DSS



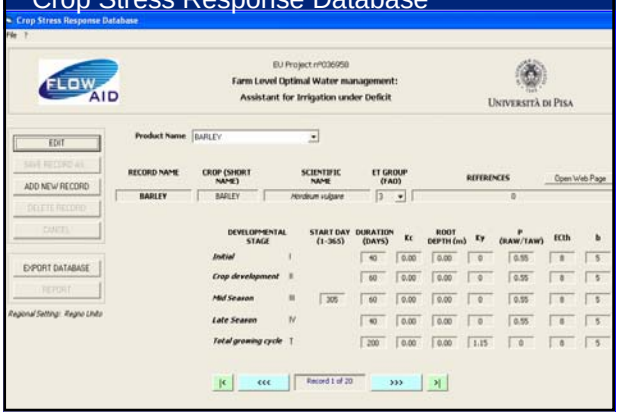
Crop Yield Model for Deficit Irrigation

- Yield to Water Quantity (A: ET-model)
- Yield to Water Quality (B: Salinity model)



Navarro Garcia
Water relations of ornamental crops under moderate and saline stress

Crop Stress Response Database

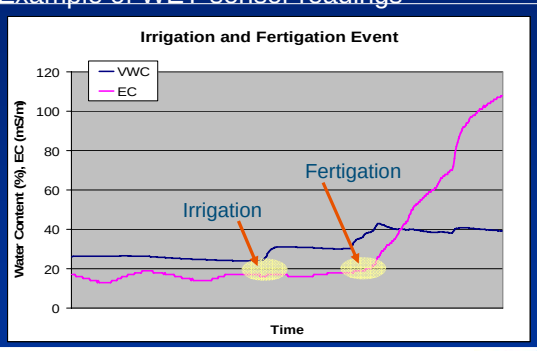


Root Zone Sensors

- Water Content
  - Indicates "Available Water"
  - Soil calibrations
  - For medium wet to saturation
- Electrical Conductivity (EC)
  - Total Nutrient Concentration
  - WET-sensor, ECHO-probe
  - Pore Water EC calibration
- Temperature

L. Bacci and F. Malorgio
Root Zone Sensors for Irrigation Management in Pot Plants

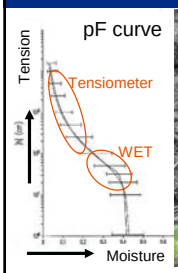
Example of WET-sensor readings



Electronic Tensiometers: indicate soil suction

- Water filled tensiometer
- Limited range
- Installation and maintenance
- For dry soils

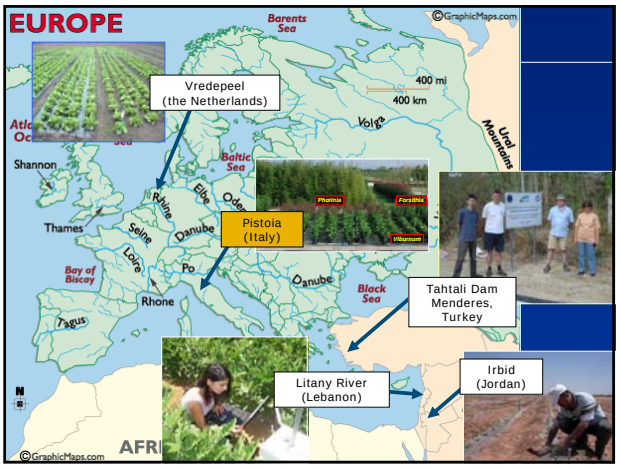
- Porous Matric Sensor (prototype)
- Larger range
- Easy installation - Low maintenance
- For wet to very dry soils



Wireless Sensor Network

- No cabling, easy installation
- Multiple nodes and sensors
- Robustness in field

F. Kempkes and J. Hemming
Wireless Sensor Systems for Irrigation Management in Container Grown Crops.



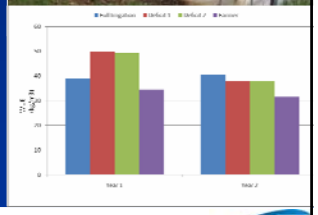
Italy

- Pistoia, Tuscany
  - Nursery stock production
  - Farm sizes: 10 - 100 ha
  - Container plants (drip/sprinkler)
  - Many crop types + sizes/plot
  - Need to use saline water
- Objectives
  - Dual water irrigation: Cleaned Waste Water and Fresh Water
  - Prevent Plant Stress
- Results
  - See Incrocci

L. Incrocci
Dual water irrigation of container-grown ornamentals

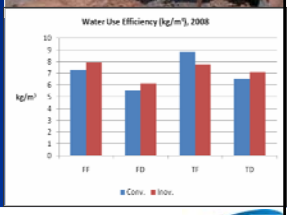
Turkey

- Izmir (Tahtalı Dam)
  - Preservation area
  - Greenhouses (Cucumber)
  - Water from wells
  - No leaching allowed
- Objectives
  - Reduce water use
  - Maintain Marketable Yield
  - Sensor activated control
- Results
  - Water Use Efficiency higher in Deficit and Full Irrigation compared to Farmers' treatment
  - Slightly lower Yield



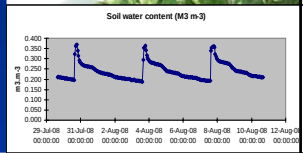
Jordan

- Irbid, Jordan Valley
  - Fruit and oriental trees, vegetables
  - Limited water resources
  - Poor water management at farm level
  - Low water use efficiency
- Objectives
  - Maximize Water Use Efficiency
  - Soil grown tomatoes
  - Dual water quality irrigation: Treated Waste Water (T) and Fresh Water (F)
  - Sensor Activated Irrigation
  - FULL (F) and DEFICIT irrigation (D)
- Results
  - 5-10% Higher WUE with Innovative Irrigation Strategies



Lebanon

- South Bekaa Valley, Litany River
  - Tal Amara Research Station
  - Vegetables (potato, eggplant)
  - Water sources:
    - Surface irrigation
    - Sprinkler and drippers
  - Poor water management
- Objectives
  - Deficit irrigation performance
  - Enhance Water Use efficiency
  - Evaluate New Technologies
  - Knowledge transfer to farmers



The Netherlands

- Vredepeel
  - Slight loamy-sandy soils
  - Rain-fed agriculture
  - High water tables
  - Leaching
- Objectives
  - Prevent leaching of Nitrate (WFD)
  - Iceberg lettuce crop
  - Plastic cover to block rain
  - Root zone sensor (Start)
  - DSS adapt irrigation dose by monitoring deep sensor (Stop)
- Preliminary Results
  - Lower water use (plastic)
  - Prevent leaching (sensor control)
  - 10% more yield (fertigation)

Technology can offer farmers, under sub-optimal growing conditions, more possibilities to:

- Efficiently use water and nutrients
- Minimize run-off, percolation losses
- Prevent crop damage
- Reduce labour costs

Technology can be used for a wide range of growing practices

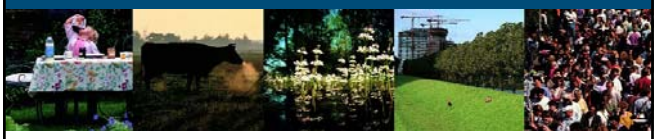
- Soil or substrates
- Protected or non-protected
- Arid or non-arid zones
- Multiple quality water sources

Technology comes within reach for farmers

- Availability from suppliers
- Knowledge
- Costs

Water and nutrient management in outdoor Nursery Stock

Ton Baltissen
10 July 2009 Pistoia



Research themes

- Quality production
- Propagation and breeding
- Crop protection, soils and fertilization
- Sustainable farming and networks
- Economics and management
- Chain, logistics

Projects

- System based on weight

  * Region Boskoop

- Gutter System

  * Region Opheusden

Challenges of the nursery stock

- (Chain) Quality
- Labour
- Pests and Diseases
- Environmental legislation
- Economics
- Optimizing and controlled growth

Water, nutrients in container cultivation

- Overhead water supply
- Drip irrigation
- Ebb/flood system

- Time Clock
- Based on weight
- Soil moisture sensors
- Crop evaporation

- Nutrients: controlled release fertilizers, fertigation

Explanation Weighing plateau

- Containers, weighed on a plateau
- Sensor reacts on pressure
- Continuous weighing

- Water balance
  - Decrease of weight - evapotranspiration
  - Increase of weight - growth
  - Rainfall and irrigation

Explanation Weighing plateau

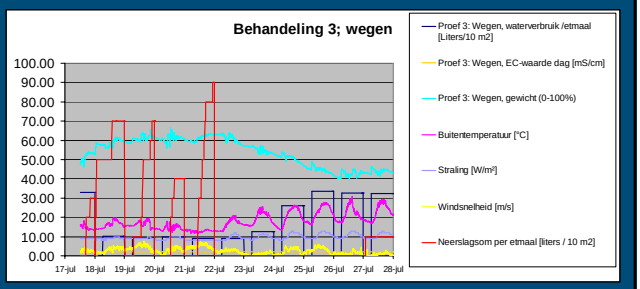
Research in 2007 and 2008

Compared with

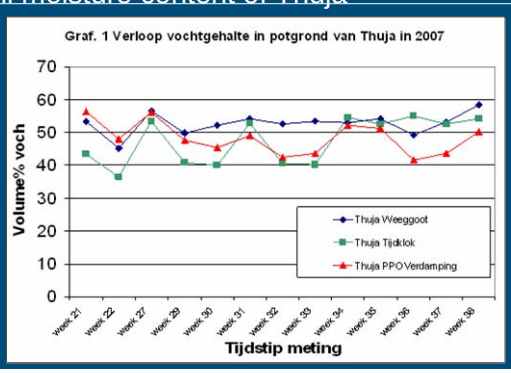
- Watering by time clock
- Watering by soil moisture sensor
- Watering by expert

- Amount of Water used
- Monitoring Moisture content and EC
- Plant quality
- Accuracy and reliability

Example output weighing plateau



Soil moisture content of Thuja



Conclusions (1)

- Plant quality good
- Cheaper than soil moisture sensors
- Easy for growers
- 40 % less water use

Conclusions (2)

- Suitable floor for the weighing plateau
- Signal not always stable
- Comparison between years complicated
- Correction for EC not yet possible

Gutter system

Advantages

- Product quality
- Labour and logistics
- Closed systems, no leaching
- Almost no herbicides
- Automation of work
- Profit (more plants per meter)
- Broadening of assortment

Project

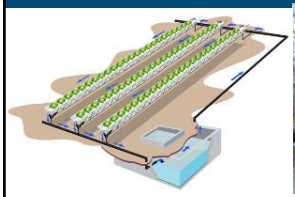
- Testing the (moving) system
- Testing Recycling
- Substrates, Gutter material and form
- Plant- and root quality
- New machines for planting and harvesting
- Monitoring moisture content, EC and Temp.
- Economic and environmental evaluation

Labour: spreading and quality

AIRPOT

Water and nutrients

- Closed system
- Recycling of water and nutrients
- Overdrain possible



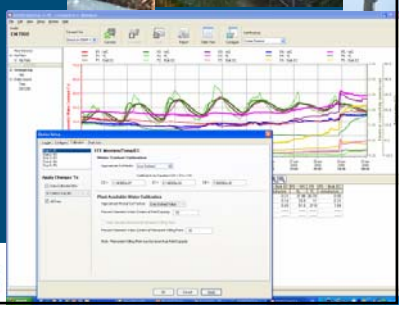
Soil moisture and nutrients

Decagon 5TE

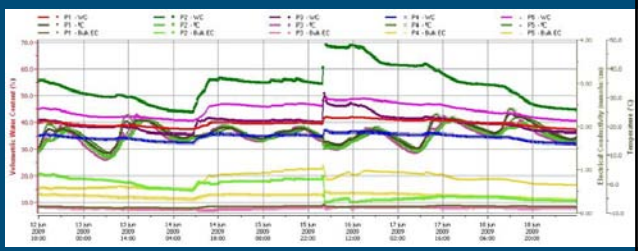
Catec system

Start: controlled release fertilizes

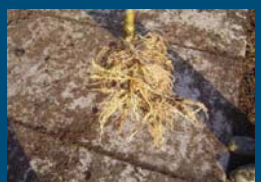
Season: fertigation



Soil moisture content, temperature, EC



Harvesting and plant quality



Comparison Open field vs gutter

Conclusions

- Good growth
- Good plant quality
- Shortening of production period
- Gutter system has potential
- Lot of interest
- More research on water and nutrients (EC)
- Further technical development

consultancy projects research international

DLV plant

About DLV Plant

DLV Plant is a leading, independent advisory and research partner for the green sectors. Its activities are aimed at advice, research and projects all over the world

Teake Dijkstra
Consultant / Researcher Horticulture
t.dijkstra@dlvplant.nl / +31(0)651344741

© DLV Plant

consultancy projects research international

DLV plant

Growth control of cut-flower container grown crops using sensor technologies

Practical experiences with Hortensia under glass

The work was carried out between 2007 -2009 and financed by
The Product Board for Horticulture (PT)
PT is a partnership between employers and employees of the Dutch horticulture sector

© DLV Plant

DLV plant

Hortensia, from …..

To

DLV plant

Hortensia as a cutflower

- Facing
  - Brown roots
  - Leave burn
  - Brown flowers
  - Bad flower induction

© DLV Plant

DLV plant

Hortensia as a cutflower

- Hortensia or Hydrangea

  The name Hydrangea is related to 'hydro' and 'angion' wich means: water vase. It has to do with te shape of the flowers, but in practice the plant also reacts very quickly to changes in water content of the soil and air.

© DLV Plant

DLV plant

Hortensia as a cutflower

- To avoid the damage of roots, leaves and flowers,

  Research by DLV Plant shows that you have to

  → **Grow the plant on the "dry side"**

  But it is a cutflower, and we also need stem length!

  Aim: controle of the watercontent of the substrate

© DLV Plant

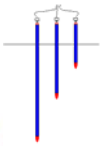
(Container)Crops under glass

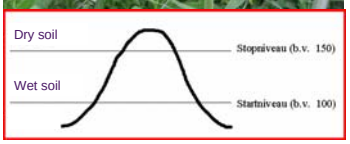
- The signal for irrigation is done:
  - By Hand
  - On Time
  - With Radiation sensors (Joules.cm^{-2},s^{-1})
  - With sensors like tensiometers (soil)
  - By the amount of drainwater (substrate)
- The check is done
  - By hand
  - With Sensors; WET, tensio, ECH2O
  - Weight; scale
  - By the amount of drainwater (substrate)

An example in soil

Alstroemeria

- Drip irrigation
- Automatic irrigation with tensiometers
- Three depths





Hortensia

- Several sensors are used
  - Electronic scales under more than one plant;
    → to calculate the amount of irrigationwater and water loss
  - Sensors in the substrate
    → tensiometer, WETsensor, ECH2Osensor
  - Stemdiameter and leafthickness
  - Air temperature and humidity
  - Leaftemperature (Infrared)
  - Radiation (in the glasshouse) with PARsensors (µmol.m-2.s-1)

Hortensia

- Monitoring with an Electronic scale

Hortensia

- Electronic measurement of the watercontent

Hortensia

- Stemdiameter and leafthickness

Hortensia

- Sensors
  - A combination of a scale, a watercontent sensor and a stemdiameter gives extra information in the learning phase

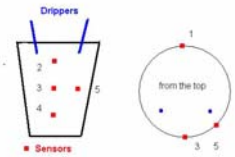
Increasing transpiration demands induces an increasing transpiration and a decreasing stemwaterpotential and stemdiameter

Hortensia

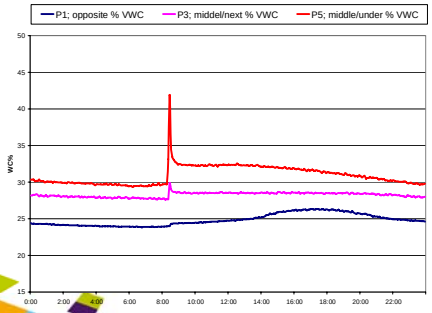
- Sensors
  - Together with the air- and leaftemperature (infrared) and the humidity the VPD can be calculated.

VPD (Vapour pressure deficit) is the difference (deficit) between the amount of moisture in the air and how much moisture the air can hold when it is saturated at a certain air- and leaftemperature. It has a strong relationship to the rate of transpiration and evaporation.

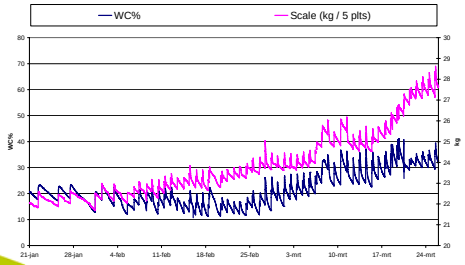
Hortensia - measurements



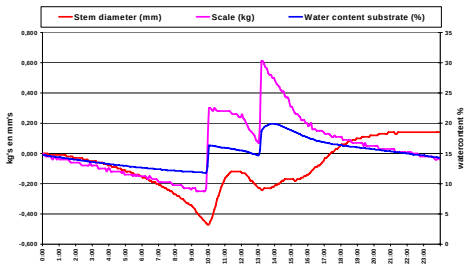
Hortensia



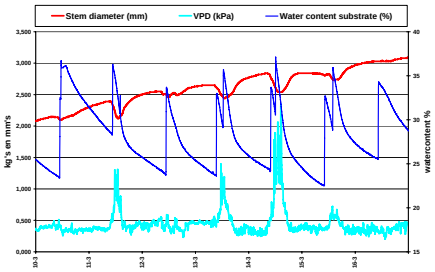
Hortensia



Hortensia



Hortensia



Hortensia

- In practice
  - A watercontent sensor in the substrate is recommended to monitor and to control the irrigation
  - Together with the measurement of the VPD it is a strong combination
  - A scale measures perfectly the in- and output of the waterbalance but also the increase in weight of the plant. To control the irrigation, a scale is not recommended
  - The stemdiameter is a very interesting instrument in the learning phase but for growers not a practical instrument, because it has to be replaced after a certain period

Hortensia

- The near future
  - More than one sensor to manage the watering
  - Wireless
  - More intelligent software to optimize the watering

Thank you for your attention.

Workshop Internazionale
"Tecnologie innovative per l'irrigazione delle piante ornamentali in vaso"
10 luglio 2009 – Centro Sperimentale per il Vivaismo (Pistoia)

Irrigazione con acqua duale delle colture ornamentali in contenitore

L. Incrocci
Dip. Biologia delle Piante Agrarie, Università di Pisa, Pisa, I

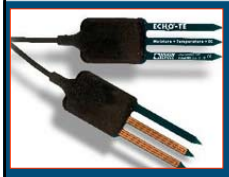
S. Spagnol
Spagnol Greenhouse Technologies Vidor (TV), I

INTRODUZIONE (1): uso di acqua duale

- La riduzione di acqua per l'agricoltura può costringere gli agricoltori all'utilizzo di acque di minore qualità, come ad esempio l'acqua duale
- L'acqua duale proviene dalla depurazione delle acque dei centri urbani
- Duale perchè in alcune città, esiste un doppio acquedotto, uno per l'acqua potabile e per l'acqua reciclata (duale)

INTRODUZIONE (2): problemi nell'uso di acqua duale

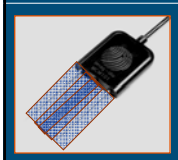
INTRODUZIONE (3): uso di sensori innovativi



Sonde 5TE della Decagon Devices

Sonde WET della Delta-T devices

INTRODUZIONE (4): Cosa misura il WET



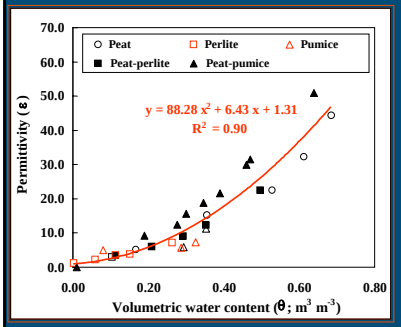
Il sensore emette dal pin centrale un segnale a 20MHz, producendo un piccolo campo elettromagnetico e si misura le proprietà dielettriche del mezzo

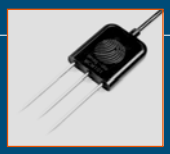
- Permittività (ε)
- Bulk EC (σ)
- Temperatura (T)

→

- Contenuto di umidità (θ)
- EC dell'acqua dei pori (EC_P)
- Temperatura (T)

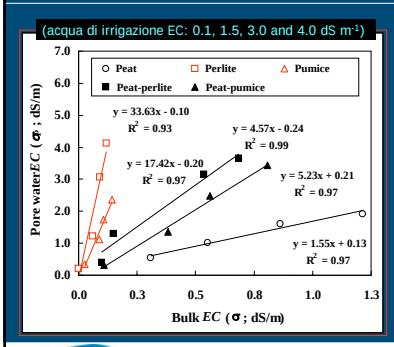
CALIBRAZIONE SENSORE WET (1)





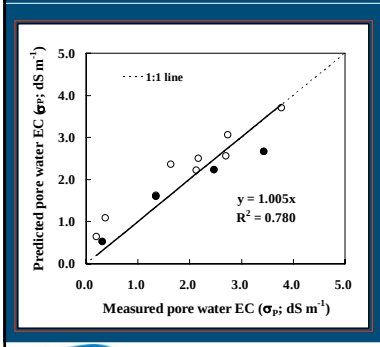
Relazione fra la permittività (ε) e il contenuto idrico volumetrico (θ) in differenti substrati.

CALIBRAZIONE SENSORE WET (2)



Relazione fra la bulk EC (σ) e la Ec dell'acqua dei pori (σ_P) in differenti substrati (alla capacità di contenitore).

CALIBRAZIONE SENSORE WET (3)



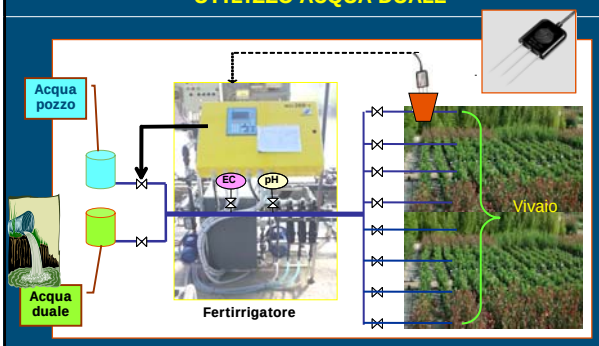
Modello di Hilhorst

$$\sigma_P = \sigma \cdot \frac{\varepsilon_{water}}{(\varepsilon - \varepsilon_{\sigma=0})}$$

$$\varepsilon_{\sigma=0} = 12$$
$$\varepsilon \geq 15$$
$$\theta \geq 30\%;$$

La relazione fra valori misurati e stimati della EC dell'acqua dei (s_P) in torba-pomice (1:1v/v).

REALIZZAZIONE PROTOTIPO DI FERTIRRIGATORE PER UTILIZZO ACQUA DUALE



Algoritmo per controllo della salinizzazione della zona radicale

Normalmente per evitare la salinità del substrato si possono utilizzare tre azioni (la priorità è in funzione per limitare al minimo l'impatto ambientale):

A) Ridurre la quantità di fertilizzante aggiunto;

B) Ridurre l'uso dell'acqua duale e aumentare l'uso di acqua buona (se disponibile)

C) Aumentare la frazione di drenaggio (LF) (aumentando il tempo di irrigazione e quindi il volume dell'irrigazione)

OGNI AZIONE PUO' ESSERE APPLICATA CON GRADUALITA'

Strategia A: Massimo risparmio idrico totale: A+B+C

Strategia B: Massimo risparmio acqua pozzo: A+C+B

Algoritmo per controllo della salinizzazione della zona radicale

Il fertirrigatore alla fine di ogni irrigazione (per evitare errori dovuti al diverso contenuto idrico) misura la EC_P del substrato e la confronta con una ECpMAX definita dall'utente

$$EC_{pori\ misurata} > EC_{pori\ set\text{-}point}$$

se il test è vero un "indice di stress" aumenta;

se il test è falso un "indice di stress" diminuisce;

L'indice di stress, variabile da 0 a 10, indica per quante volte successive il valore della EC della zona radicale ha superato il valore massimo tollerato dalla coltura

Esperimento al Ce.Spe.Vi. 2008

Scopi:

1) testare il metodo di controllo dell'irrigazione basato su un sensore radicale (WET) in comparazione con il tradizionale approccio "a Timer";

2) Testare la possibilità di usare acqua duale (EC=1.5 dS/m), alternandola con acqua di pozzo (EC=0.5 dS/m)

Esperimento al Ce.Spe.Vi. 2008

Esperimento al Ce.Spe.Vi. 2008

Materiali e metodi

T1: controllo standard = irrigazione con timer con acqua di pozzo (0.5 dS/m); frazione di drenaggio (LF) > 30-40%

T2: controllo irriguo su base sensore WET con LF<20-25% usando acqua di pozzo; blocco della fertirrigazione nel caso di salinità superiore a $EC_{pore\ sp}$= 2.5 dS/m e poi aumento della LF

T3: controllo irriguo su base sensore WET con LF<20-25% usando acqua di pozzo; blocco della fertirrigazione nel caso di salinità superiore a ECpore sp= 2.5 dS/m, uso progressivo di acqua di pozzo e incremento della frazione di drenaggio

Esperimento iniziato il 10 Giugno e finito il 10 Ottobre (122 giorni).

Esperimento al Ce.Spe.Vi. 2008

Azioni attuate dal fertirrigatore in T2: acqua pozzo; irrigazione su base WET

Indice stress	Azione	Tipo di acqua	EC acqua (dS/m)	EC dovuta ai nutrienti (dS/m)	EC acqua erogata (dS/m)	Volume irriguo (L/m²)	Frazione di drenaggio
T2- irrigazione attivata da WET, acqua di pozzo, EC_{pore} set point= 2.5 dS/m							
0	-	AP	0.50	0.30	0.80	2.30	0.17
1	A	AP	0.50	0.15	0.65	2.30	0.17
2	A	AP	0.50	0.00	0.50	2.30	0.17
3	A	AP	0.50	0.00	0.50	2.30	0.17
4	A	AP	0.50	0.00	0.50	2.30	0.17
5	A	AP	0.50	0.00	0.50	2.30	0.17
6	A	AP	0.50	0.00	0.50	2.30	0.17
7	C	AP	0.50	0.00	0.50	2.42	0.21
8	C	AP	0.50	0.00	0.50	2.53	0.25
9	C	AP	0.50	0.00	0.50	2.65	0.28
10+	C	AP	0.50	0.00	0.50	2.76	0.31

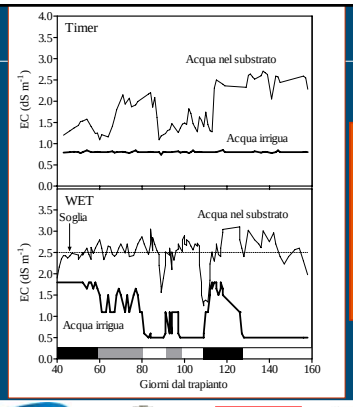
NOTE:
AP= acqua di pozzo; A= azione di riduzione del fertilizzante aggiunto
C= azione di aumento della frazione di drenaggio (LF)

Esperimento al Ce.Spe.Vi. 2008

Azioni attuate dal fertirrigatore in T3: acqua duale+ acqua pozzo, irrigazione su base WET

Indice stress	Azione	Tipo di acqua	EC acqua (dS/m)	EC dovuta ai nutrienti (dS/m)	EC acqua erogata (dS/m)	Volume irriguo (L/m²)	Frazione di drenaggio
T3 trattamento, irrigazione attivata dal sensore WET, acqua duale, EC_{pore} set point= 2.5 dS/m							
0	Nessuna	AD	1.50	0.30	1.80	2.30	0.17
1	A	AD	1.50	0.15	1.65	2.30	0.17
2	A	AD	1.50	0.00	1.50	2.30	0.17
3	B	AD+AP	1.05	0.00	1.05	2.30	0.17
4	B	AD+AP	0.60	0.00	0.60	2.30	0.17
5	B	AP	0.50	0.00	0.50	2.30	0.17
6	B	AP	0.50	0.00	0.50	2.30	0.17
7	C	AP	0.50	0.00	0.50	2.42	0.21
8	C	AP	0.50	0.00	0.50	2.53	0.25
9	C	AP	0.50	0.00	0.50	2.65	0.28
10	C	AP	0.50	0.00	0.50	2.76	0.31

NOTE:
AP= acqua di pozzo; A= azione di riduzione del fertilizzante aggiunto
C= azione di aumento della frazione di drenaggio (LF)



Esperimento al Ce.Spe.Vi. 2008

RISULTATI

Il WET ha controllato bene l'irrigazione con una riduzione nell'uso dell'acqua del 20% nel trattamento T2 e del 35% nel trattamento T3 rispetto al trattamento con TIMER. (122 giorni di coltivazione)

Dei 325 l/m² utilizzati in T3, 146 erano di acqua duale (45% del totale)

Trattamento	Numero irrigazioni	Volume irriguo totale (L/m²)	Volume medio irriguo (L/m²)
T1 (TIMER, AP)	220 A(100)	498.7 A(100)	2.3 B(100)
T2 (WET, AP)	163 B(74)	396.1 B (79)	2.4 B (107)
T3 (WET, AD+AP)	120 C(55)	325.3 C (65)	2.7 A (120)

Esperimento al Ce.Spe.Vi. 2008

Trattamento	Forsythia	Photinia	Prunus	Viburnum	Media	Valore relativo
Altezza (m)						
T1-TIMER	1.30 a	0.88 b	0.70 c	0.57 e	0.86 a	100.0
T2-WET	1.24 a	0.89 b	0.64 d	0.55 e	0.83 a	96.0
T3-WET-AD	1.30 a	0.85 b	0.67 cd	0.53 e	0.84 a	97.0
Media	1.28 a	0.87 b	0.67 c	0.55 d		
Valore relativo	100.00	68.00	52.30	43.02		
Peso secco pianta (solo parte aerea (kg/m^2)						
T1-TIMER	0.66 a	0.60 b	0.68 a	0.56 b	0.62 a	100.00
T2-WET AP	0.58 b	0.53 b	0.57 b	0.47 c	0.54 b	86.01
T3-WET-DW	0.61 b	0.55 b	0.52 b	0.47 c	0.54 b	86.04
Media	0.61 a	0.56 ab	0.59 a	0.50 b		
Valore relativo	100.00	91.57	95.82	81.25		

Conclusioni

L'uso del pilotaggio dell'irrigazione tramite sensore WET ha fornito buoni risultati con risparmi idrici intorno al 20-30 %

L'algoritmo per l'utilizzo della acqua duale, abbinato al controllo on-line della salinità del substrato ha funzionato correttamente, permettendo di utilizzare senza grossi problemi facendo risparmiare circa il 45 % di acqua di pozzo.

Nuove strategie saranno testate durante l'esperimento in corso attualmente al CESPEVI.

Sensori della zona radicale per il pilotaggio dell'irrigazione nelle colture in contenitore

Root zone sensors for irrigation management in pot plants

Bacci L.[1], Malorgio F.[2]

[1] Istituto di Biometeorologia – CNR, Firenze

[2] Dipartimento di Biologia Vegetale, Pisa

La gestione dell'irrigazione è un problema decisionale che può essere analizzato a tre scale temporali:

A breve termine: *ora, giorno* → *Quando irrigare? Quanto irrigare?*

A medio termine: *settimana, mese* → *Come si modifica la qualità dell'acqua ? (fertirrigazione)*

A lungo termine: *diversi anni* → *Quale sistema d'irrigazione?* *Quale substrato?*

(da Baille, 2001)

Principali metodi per il controllo dell'irrigazione

Metodi basati sul clima → *Stima dell'ETP* ← Sensori meteo, Kc empirici, LAI, gs

+

Metodi basati sul suolo → ***Misura umidità suolo: potenziale o contenuto idrico*** ← Sensori

Metodi basati sulla pianta → *Misura variabili piante (potenziale fogliare, diametro stelo, temperatura coltura, ecc.)*

CONOSCERE IL CONTENUTO IDRICO DEL SUOLO E LE ESIGENZE DELLE PIANTE È NECESSARIO PER

DETERMINARE LA GIUSTA QUANTITA' DI ACQUA DA DISTRIBUIRE

PROGRAMMARE RAZIONALMENTE GLI INTERVENTI IRRIGUI

- BUONE PRODUZIONI

- RIDUZIONE USO DELL'ACQUA E DEI FERTILIZZANTI

- RIDUZIONE IMPATTO

STRATEGIE DI IRRIGAZIONE

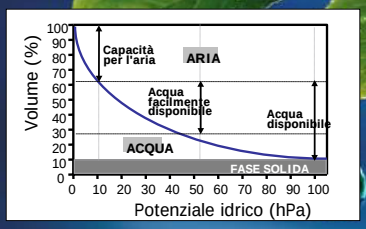
- ✓ Zero runoff (o meglio LF <10%)
- ✓ Deficit controllato per regolare il vigore vegetativo della coltura e migliorare la qualità della produzione (es. vigne)
- ✓ Fertirrigazione e utilizzo contemporaneo di acque con due qualità in conseguenza alla disponibilità di nuovi sensori che oltre alla misura dell'umidità del suolo, misurano anche l'EC.

Misura del potenziale idrico

(Indica la quantità di energia che deve essere esercitata per estrarre l'acqua dal suolo)

Misura del contenuto volumetrico

(Indica la reale quantità di acqua presente nel suolo e disponibile per le piante)



Torba, perlite, pomice, lana di roccia

Misura del potenziale idrico

Misura del contenuto volumetrico

Sensori basati su :

-Metodo tensiometrico

-Metodo della resistenza elettrica

Sensori basati su:

- Metodo elettromagnetico

IL TENSIOMETRO

Setto poroso: in ceramica, le dimensioni dei pori possono variare, modificando la prontezza di risposta del tensiometro alle variazioni del contenuto idrico del substrato. Il setto poroso è permeabile all'acqua e non all'aria.

- *Lunghezza del tubo di vetro*: mediamente varia tra 10 e 50 cm
- *Campo di misura*: tra 0 e 1000 hPa
- *Accuratezza*: tra 1 e 10 hPa
- La misura non è influenzata dalla salinità del substrato e dalla temperatura
- Costo: da 150 a 300 € fino a 500 €

- Sono abbastanza fragili
- Richiedono regolare manutenzione (per es. riempimento del tubo)

SKTM 650
Skye Instruments

10 cm

SW75
Delta-T Devices

7 cm

Equitensiometro
Delta-T Devices

Evoluzione del tensiometro. Il potenziale idrico è determinato indirettamente dalle misure del contenuto idrico della ceramica, della quale è nota la curva tensiometrica, mediante un sensore dielettrico. Non necessitano di essere riempiti e possono lavorare fino a tensioni di -500 kPa

METODO ELETTROMAGNETICO

Sfrutta la proprietà di propagazione delle onde elettromagnetiche ad alta frequenza all'interno del suolo. (Time Domain Reflectometry TDR e Frequency Domain Reflectometry e Capacitance)

- **Forniscono il valore medio dell'umidità del volume di suolo esplorato (il volume misurato dipende dalla distanza tra i conduttori e dalla loro lunghezza)**
- **Se calibrati ad hoc per il tipo di terreno in cui sono usati, eseguono misure accurate**
- **Sensibilità alla salinità**
- **Le sonde sono presenti in un'ampia gamma di dimensioni**

- i sensori TDR usano una tecnologia più costosa
- i sensori FD forniscono letture immediate e accurate
- i sensori FD devo essere calibrati più spesso dei TDR

SENSORI FD

Thetaprobe
Delta-T Devices

SM200
Delta-T Devices
Costo 350 €

Già usato nell'orticoltura di serra. Venduto da Grodan B.V. con il nome WCM. Gli output devono essere convertiti con algoritmi.

WET sensor
Delta-T Devices

Misura anche la conducibilità elettrica e la temperatura

Costo 600-900 €

ECH2O-probe
MorpH2O

EC-5 Decagon
Costo 150 €

5TE
Decagon

Misura anche la conducibilità elettrica e la temperatura

Minore sensibilità a salinità e tessitura

Costo 300-400 €

Ha un'uscita RS232. Necessità di un micro-computer. Meno adatto a collegamenti con data-logger

LINEE GUIDA

- Posizionamento del sensore nel contenitore
- Posizionamento del sensore nella coltivazione
- Scelta del numero di sensori
- Definizione della soglia di attivazione
- Definizione della soglia di disattivazione
- Integrazione del sensore in un sistema di controllo automatico dell'irrigazione

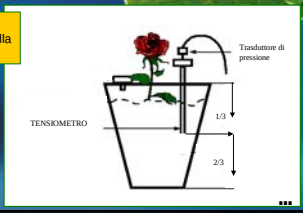
POSIZIONAMENTO:

per misure in campo: in caso di terreni non omogenei, valutare la possibilità di installare più sensori (uno a 1/3 e uno a 2/3 della profondità radicale

per misure in vaso:

- **le piante all'interno dei vasi dove sono inseriti i sensori devono essere rappresentative e di dimensioni medie rispetto alle altre**
- **i vasi non devono occupare zone marginali rispetto agli altri**

Vasi con Ø fino a 25 cm: profondità: a 1/3 dell'altezza dalla superficie e 3-4 cm dal bordo



SOGLIA DI ATTIVAZIONE

Tipico intervallo: -200 a -700 hPa in suolo
-40 a -100 hPa fuori suolo

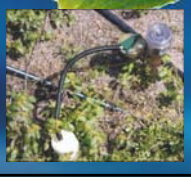
Specie coltivata	Soglie di irrigazione	Modalità di coltivazione	Autori
Crisantemo	40 hPa	Vaso	Lieth J. H. et al.
Rosa	50 hPa	Vaso	Oki L. R. et al.
Rosa Hybrida	60 hPa	Vaso	Hansen et al.
Viburnum Tinus	~100 hPa	Vaso	Kehoe E et al.
Cornus Alba	70 hPa	Vaso	Bacci et al.
Cipressus Golden Crest	70 hPa	Vaso	Bacci et al.
Hypericum sp.	70 hPa	Vaso	Bacci et al.
Geranio	60 hPa	Vaso	Bacci et al.
Gerbera	50 hPa	Vaso	Newman J. P. et al.
Ortensia	50 hPa	Vaso	Newman J. P. et al.
Stella Di Natale	50 hPa	Vaso	Newman J. P. et al.

SOGLIA DI DISATTIVAZIONE

Sistemi di controllo

La maggior parte dei sensori sono forniti con lettori manuali o digitali, in grado di eseguire elaborazioni ma non di gestire automaticamente l'irrigazione

Il più semplice sistema di controllo è il tensiometro dotato di uno switch su cui può essere inserito il valore soglia d'intervento.



GP1 Delta-T Devices

- **2 sensori umidità (es. Thetaprobe)**
- **2 sensori temperatura**
- **2 counters (p.e. pioggia o contalitri)**
- **1 sensore WET**
- **eventuali tensiometri**

Può gestire direttamente l'irrigazione poiché permette di inserire algoritmi più o meno complessi basati su umidità del suolo e parametri meteo.

Reti di sensori wireless

Crossbow Technologies Inc.

Umidità e temp. Suolo

Umidità suolo

Temp. E RH aria

Radiazione solare

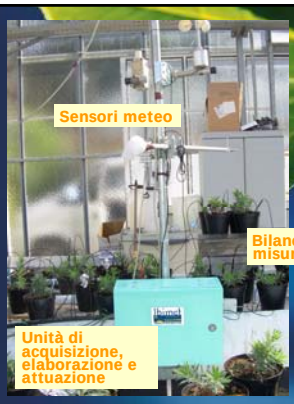
Nodo EKO

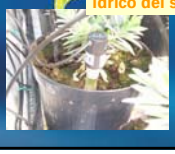
Questi sistemi sono ancora abbastanza costosi e hanno alte richieste di energia. Allo stato attuale di sviluppo, reti di sensori wireless non sono ancora affidabili o, meglio, affidabili a prezzi abbordabili

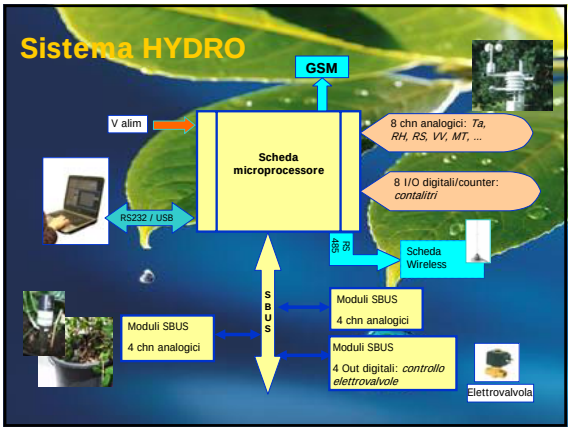
EKO GATEWAY / BASE UNIT
Gestisce 35 nodi

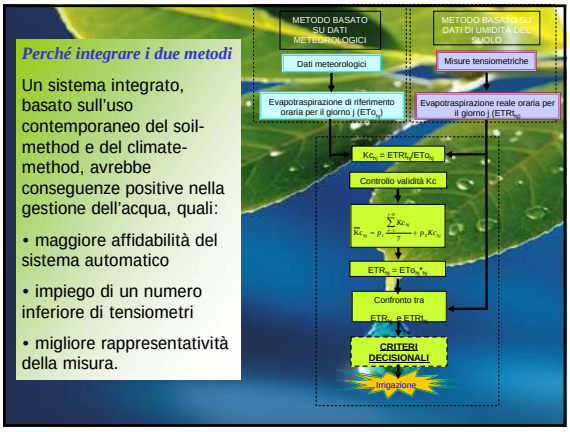
Costo nodo con sensore Watermark = 600 €
Costo nodo sensore con 5TE (Θ, EC e T) = 800-900 €

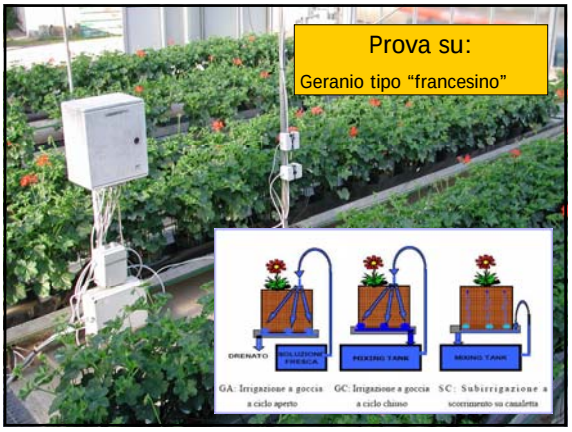
Sistema HYDRO

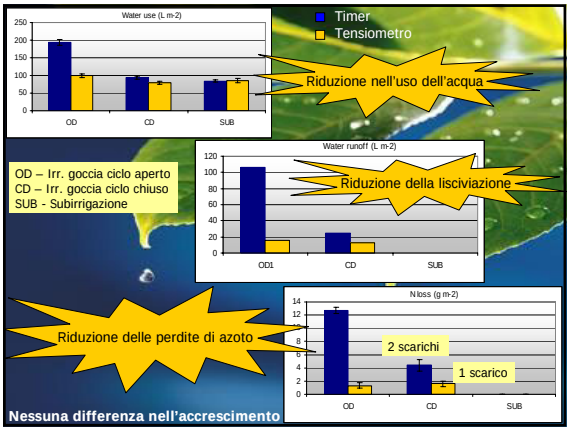


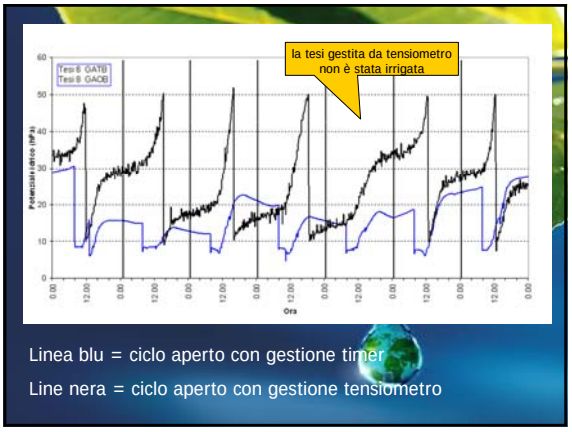

Tensiometro per misura potenziale idrico del suolo

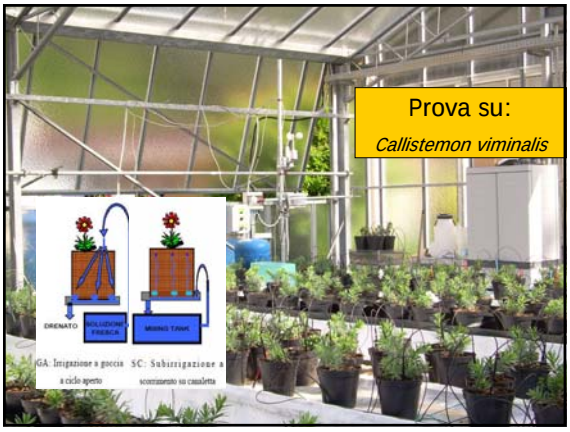

Sistema HYDRO
GSM
V alim
Scheda microprocessore
8 chn analogici: Ta, RH, RS, VV, MT, ...
8 I/O digitali/counter: contalitri
RS232 / USB
SBUS
Scheda Wireless
Moduli SBUS
4 chn analogici
Moduli SBUS
4 chn analogici
Moduli SBUS
4 Out digitali: controllo elettrovalvole
Elettrovalvola

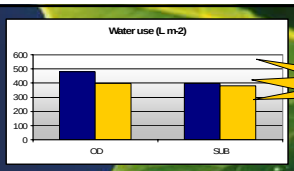

Perché integrare i due metodi
Un sistema integrato, basato sull'uso contemporaneo del soil-method e del climate-method, avrebbe conseguenze positive nella gestione dell'acqua, quali:
• maggiore affidabilità del sistema automatico
• impiego di un numero inferiore di tensiometri
• migliore rappresentatività della misura.
METODO BASATO SU DATI METEOROLOGICI
METODO BASATO SU DATI DI UMIDITÀ DEL SUOLO
Dati meteorologici
Misure tensiometriche
Evapotraspirazione di riferimento oraria per il giorno j (ETo_j)
Evapotraspirazione reale oraria per il giorno j (ETRL_j)
Kc_hj = ETRL_j/ETo_hj
Controllo validità Kc
ETR_hj = ETo_hj * Kc_hj
Confronto tra ETR_hj e ETRL_j
CRITERI DECISIONALI
Irrigazione


Prova su:
Geranio tipo "francesino"
DRENATO
SOLUZIONE FRESCA
MIXING TANK
MIXING TANK
GA: Irrigazione a goccia a ciclo aperto
GC: Irrigazione a goccia a ciclo chiuso
SC: Subirrigazione a scorrimento su canaletta


Water use (L m-2)
Timer
Tensiometro
Riduzione nell'uso dell'acqua
OD
CD
SUB
OD – Irr. goccia ciclo aperto
CD – Irr. goccia ciclo chiuso
SUB - Subirrigazione
Water runoff (L m-2)
Riduzione della lisciviazione
OD1
CD
SUB
N loss (g m-2)
Riduzione delle perdite di azoto
2 scarichi
1 scarico
OD
CD
SUB
Nessuna differenza nell'accrescimento

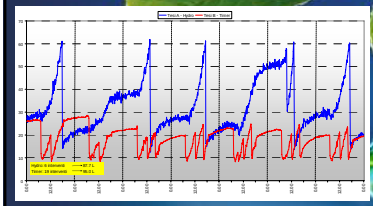

la tesi gestita da tensiometro non è stata irrigata
Tesi 6 GATB
Tesi 8 GAOB
Potenziale idrico (hPa)
Ora
Linea blu = ciclo aperto con gestione timer
Line nera = ciclo aperto con gestione tensiometro


Prova su:
Callistemon viminalis
DRENATO
SOLUZIONE FRESCA
MIXING TANK
GA: Irrigazione a goccia a ciclo aperto
SC: Subirrigazione a scorrimento su canaletta



Timer
Tensiometro

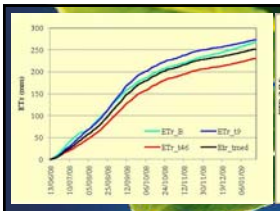
Riduzione nell'uso dell'acqua

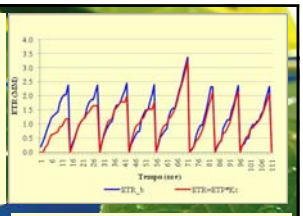


Andamento potenziale idrico del substrato per la tesi controllata da Timer (rosso) e quella controllata dal sistema Hydro (blu).

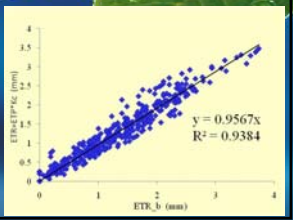
Trattamento	Altezza pianta (cm)	Diametro pianta (cm)	Superficie fogliare (cm^2/pianta)	Peso secco totale (g/pianta)	N. fiori/pianta
Hydro					
Irr. a goccia	36 a	45 a	1839 a	26.8 b	0.8 a
Subirrigazione	35 a	40 b	1281 c	19.8 c	0.6 a
Timer					
Irr. a goccia	35 a	44.7 a	1485 b	23.8 b	1.0 a
Subirrigazione	35 a	39.7 b	1456 b	19.9 c	1.0 a
Effetto medio Sistema di controllo (Sc)	ns	ns	0.001	ns	ns
Effetto medio Sistema Irriguo (Si)	ns	0.02	0.001	0.001	ns
Sc x Si	ns	ns	0.001	ns	ns

	Na (mM)			K (mM)		
Trattamento	Substrato	Drenato	Foglie	Substrato	Drenato	Foglie
Hydro						
Irr. a goccia	170.7 c	60.3 ab	0.12 a	4.7 c	1.7 c	0.26 a
Subirrigazione	460.3 a	50.7 b	0.16 a	38.7 a	2.3 bc	0.26 a
Timer						
Irr. a goccia	103 c	67.7 a	0.17 a	5.0 c	4.3 a	0.27 a
Subirrigazione	341 b	37.0 c	0.16 a	29.3 b	2.7 b	0.27 a
Effetto medio Sistema di controllo (Sc)	ns	ns	ns	ns	0.002	ns
Effetto medio Sistema Irriguo (Si)	0.001	0.002	ns	0.001	ns	ns
Sc x Si	ns	ns	ns	ns	0.05	ns





Validazione sistema HYDRO



Wireless sensor systems for irrigation management in container grown crops

Jochen Hemming
Frank Kempkes
Jos Balendonck

Wageningen University & Research Centre
The Netherlands

Outline

- Introduction
- Wireless Sensor Networks (WSN)
- WSN requirements for container grown crops
- Flow-aid objectives for the WSN
- Flow-aid experiments
  - 2007/2008: Ce.Spe.Vi (IT)
  - 2009: Vredepeel (NL)
- Further possibilities wireless data transmission
- Conclusions

Introduction

- Nurseries, especially in the Pistoia region, have hundreds of (relatively) small (less than 500 m^2) irrigation sectors
- For plot-based individual irrigation control sensors and controllers need to be installed at each plot
- Maintenance (labor) and wiring costs are high
- Wireless sensor networks might be a good way of overcoming these problems. Research must be conducted on open questions like
  - Power management
  - Network protocol
  - Data-communication reliability
  - Available Sensors
  - Costs

Wireless Sensor Network (WSN)

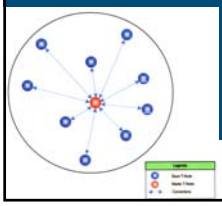
- WSN is a network consisting of sensor nodes to cooperatively monitor physical or environmental conditions like e.g.:
  - Global radiation
  - Temperature
  - Soil properties
- A Sensor node is typically equipped
  - Radio transceiver
  - Antenna
  - Microcontroller for data processing
  - Energy source (battery, solar panel)
- The sink node (base station) receives the messages from the nodes
- Base station attached to a computer or the internet
- Access data for end user by computer programs or to visualize the data in graphs or tables.

Network topologies

Star network

Advantages
- Simple, high bandwidth

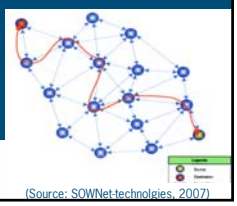
Disadvantages
- Less robust (no alternative route)
- Limited range



Mesh network

Advantages
- Robust
- Easily deployed
- Easily expanded

Disadvantages
- Higher power consumption
- Potentially less bandwidth



(Source: SOWNet-technolgies, 2007)

User demands for a WSN in container crops

- Wireless monitoring of soil moisture content and EC
- Maintenance free operation: 8 months under arid- or semi-arid conditions
- Low cost: 100€ per sensor node (10 year investment period)
  1 man year round on 20 ha.
- Sensor accuracy of better than 10%
- Flexible sampling frequency of 1 s/h down to 1 s/min (if used for control)
- Sensor density: 1 sensor per 100m^2, with a grid size of 10 x 10 m^2 is 3 sensors per plot of 300m^2.
- Long-term robustness: maximum overall data loss of 5%.
- Easy (labor extensive) read-out and connectivity to management system.

Objectives Flow-aid project

- EC project FLOW-AID (Farm Level Optimal Water management, Assistant for Irrigation under Deficit)
- Development of a prototype low-power transceiver for monitoring temperature and soil conditions (soil moisture and electrical conductivity) for irrigation management under field conditions
- Adapt or extend standard protocols and sensors for practical use for irrigation management
- Perform tests with multiple prototypes of these nodes under practical conditions

Flow-aid experiments 2007/2008

- Field experiments with different types of WSN and sensors in container crops at Ce.Spe.Vi
  - Communication robustness
  - Maximum range
  - Power consumption
  - Outdoor suitability
  - Sensor performance

Two different systems tested

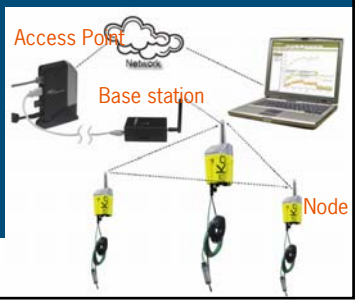
- SowNet (8 nodes + repeaters) with SM200 sensors
- Crossbow wireless Eko system (8 nodes) with Watermark and Temperature/Humidity sensors
- Sownet:
  - Custom made node, star/hybrid network type
  - 866 Mhz frequency
  - SM200 sensor (dielectric soil moisture)
- Crossbow:
  - True mesh network
  - Solar powered
  - 2.4 Ghz frequency
  - Watermark sensor (soil matrix potential)

SowNet system (2007 & 2008)

- Semi-Mesh network
- External antenna (2008)
- Frequency: 866 MHz
- Thermal isolation (2008)
  - Extra outside shield (not shown)
- Increased radio power (software, 2008)
- SM200 sensors
- Power on/off switch
- Robust and simple mechanics

Crossbow Eko system

- True mesh network
- Solar powered
- Frequency: 2.4 GHz
- Watermark soil moisture sensor
- Internal and soil temperature
- Web-based data logger and GUI running on embedded Linux Access Point



Deployment of WSN at Ce.Spe.Vi.

Web-based online access to data

Different canopy situations

- Start (26-May-2008)

- End of experiment, plot 1 (6-Oct-2008)

- Affects reliability
  - Sownet –
  - Crossbow +

Results

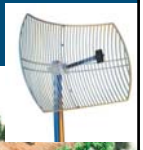
- Sownet:
  - Maximum range of about 100 meters
  - Some node failures
  - Reading of the SM200 sensors sometimes failed (condensation of water?)
- Crossbow:
  - Reliable operating range > 200 m per hop
  - Open sensor and data interface
  - Solar cell based power supply worked fine
  - Long-term experiment: very reliable
  - Watermark sensor not usable for container crop (too slow, gets saturated during irrigation event)

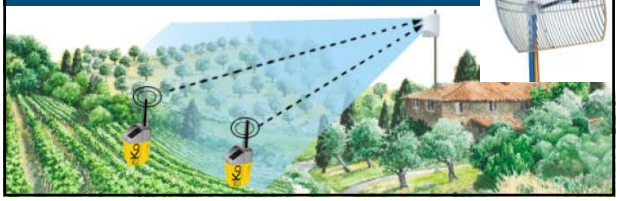
Flow-aid experiments 2009

- Additional Decagon 5TE sensor for soil temperature, moisture and EC
- Drip irrigation/fertigation trial in lettuce (*Iceberg*).
- Comparison of:
  - REFERENCE: controlled by farmer
  - DSS controlled irrigation (Decision Support System)
- Live data exchange with DSS via Internet
- Monitoring of Crop Yield
- Monitoring of Leaching
  - (begin and end season N-sampling)

Further wireless possibilities

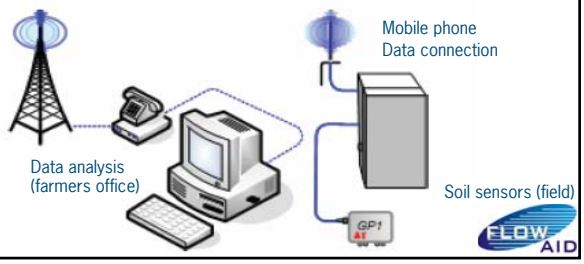
- Use of directional antenna for extended range
- Increased range from base to field
- Up to 15 km range free line of sight !!
- This technology develops fast





Mobile phone data service (GPRS/UMTS)

- Different concept: use of GSM network to transmit sensor values
- No range limitation
- Access to mobile phone network required (at countryside ?)



Conclusions

- Possible to monitor temperature, soil moisture and EC in a robust manner by means of a mesh network topology
- Distances up to 500 m in between the base station and the field and up to 200 m in-between 2 sensor nodes can be achieved
- The system is solar powered and self recharging
- Correct placement and calibration of the sensors for container crop is challenging and crucial (high in-pot and inter-pot variability)
- Sensors for the dry-end, like the Watermark sensor, are not suitable for irrigation control in container crops
- Sensors based on the dielectric measurement principle like the SM200, WET (Delta-T) or 5TE (Decagon Devices) perform better
- The costs of such a system are still high (about €750 per node). This is in opposition to the idea of having a high density of sensors in the field

Conclusions

- So these systems are not yet suitable to control but useful for monitoring.
- In combination with models as for instance calculation of evaporation it can support to save water and nutrients.

Relazioni idriche e nutrizionali in piante ornamentali micorrizate coltivate in condizioni di stress salino

Alejandra Navarro García[1,2]

[1]Unità di Ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti caldo-aridi (CRA-SCA), *Via Celso Ulpiani* 5, *Bari*, Italia

[2]Fundación Seneca. Agencia Regional de Ciencia y Tecnología. Región de Murcia, Spagna.

Introduzione

La quantità e la qualità di acqua irrigua è un problema per la floricoltura delle regioni a clima caldo-arido.

L'impiego di acque di bassa qualità interessa qualsiasi sistema colturale, anche se le conseguenze variano in funzione di diversi fattori. Primo fra tutti la tolleranza e il grado di adattamento della specie.

La floricoltura con acque di bassa qualità non può prescindere dai risultati degli studi sulla risposta agronomica e fisiologica delle piante alla salinità e degli effetti ambientali che provoca.

Geranio e garofano sono specie ben adattate alle condizioni del clima mediterraneo.

Gli effetti dello stress idrico e salino nello sviluppo, le relazioni idriche e lo scambio gassoso in queste specie sono stati oggetto di studi predenti (Baas *et al*., 1994; Montero *et al*., 2000; Saccardo *et al*., 2007; Sanchez-Blanco *et al*., 2009; Alvarez *et al*., 2009).

Le micorrize si utilizzano per proteggere le colture dall'attacco di patogeni, incrementare la fotosintesi e migliorare lo stato idrico.

Tuttavia, la simbiosi micorrizica in floricoltura è un argomento non ancora approfondito, soprattutto per quanto riguarda la capacità delle micorrize nell'alleviare gli effetti negativi della salinità dell'acqua irrigua.

Obiettivi

Studiare l'effetto di diverse concentrazioni saline dell'acqua di irrigazione su

- geranio
- garofano

} micorrizate / non micorrizate

I criteri di valutazione

nelle piante:
- morfologia
- fisiologia

nell'ambiente:
- substrato
- acqua drenaggio

Metodologia

Tutti giorni, ogni ora
- **VARIABILI CLIMATICHE**
  - Temperatura (°C)
  - UR, Umidità relativa (%)
  - Radiazione Globale (W m^{-2})

Inizio, metà e fine prova
- **PROPRIETÀ E COMPOSIZIONE CHIMICA DELL'ACQUA DI IRRIGAZIONE E DRENAGGIO**
  - pH, CE (dS m^{-1}), ES(‰), SAR
  - Cl^-, SO_4^{2-}, CO_3^{2-} (mmol L^{-1})
  - Ca, Mg, Na e K (mmol L^{-1})

Metà e fine prova
- **PROPRIETÀ E COMPOSIZIONE CHIMICA DEL SUBSTRATO**
  - pH, CE (dS m^{-1}) e Cl (g Kg^{-1}); Metodo Volhard
  - P_2O_5 (ppm); Metodo Olsen, Na e K_2O (ppm); Metodo dell'ammonio acetato
  - Azoto totale N (‰); Metodo Kjeldahl
  - Calcare totale (%); Metodo Calcimetro della Gatta e Calcare attivi (g Kg^{-1}); Metodo Drouineau

Inizio, metà e fine prova
- **ANIONI E CATIONI NEL MATERIALE VEGETALE**
  Cromatografo Dionex model DX500; Dionex Corporation, Sunnyvale, CA

ogni 15 – 30 giorni

- STATO IDRICO
  - P. Idrico (Ψ_l)
    Camera a pressione; Scholander *et al.*, 1965
  - Conduttanza Stomatica (g_s)
    Delta–T Porometer AP4; Delta–T Devices, Cambrige, UK.

fine prova

- PARAMETRI DI CRESCITA
  N° infiorescenze (fiori), biomassa, succulenza, altezza, numero foglie ed area fogliare (LI-3100C)
- CLOROFILLA & COLORE
  - CRC (Contenuto relativo di clorofilla)
    Chlorophyll Meter SPAD-502
  - Colore di fiori e foglie (L, CHROMA e HUE)
    Chroma Meter CR-400 Series

Camera a pressione

LICOR LI-3100C

Delta–T Porometer AP4

fine prova

- PERCENTUALE DI COLONIZZAZIONE MICORRIZZICA
  Determinazione delle radici colonizzate da VAM funghi

Decolorazione delle radici con 10% KOH e colorazione delle micorrize con 0.05% blu tripano (Phillips e Hayman, 1970), esame al microscopio (densità di infezione su 30 frammenti di radice di 1 cm, metodo delle cinque classi (Trouvelot *et al.*, 1985),

- F% frequenza di infezione nelle radici;
- M% l'intensità di infezione corticale;
- A% frequenza assoluta di "arbusculi" nelle radici.

Condizioni sperimentali

Geranio

LOCALIZZAZIONE E DURATA DELLA PROVA

- Valenzano, in serra in vetro di 200 m², 4 metri di altezza al colmo
- Aprile - Luglio 2008

MATERIALE VEGETALE

- 162 talee radicate di 5-10 cm di altezza di *Pelargonium zonale*, varietà Markab

Albani e Ruggieri (Civitavecchia - ROMA)

TRAPIANTO
21 di aprile di 2008
VASO, SUBSTRATO E CONZIMACIONE

- Polietilene nero, Ø = 14 cm, H = 12.8 cm e V = 1.2 L
- Terriccio + vermiculite + sabbia + perlite (2:1:1:1)
- Concimazione a rilascio controllato PRATO-KOLFLOR-Kollant, 19-7-15 (5 g pianta^{-1}) ed acido fosforico (70 mL per 100 L di acqua)

Trattamenti

Geranio

Micorrize x Salinità dell'acqua irrigua

ENDOMICORRIZE (21 aprile-trapianto)
Dipartimento di Biologia Vegetale - Facoltà di Biologia (Università di Murcia - Spagna)

1. Senza micorrize; 0 g inoculo/pianta
2. *Glomus deserticola*; 25 g inoculo/pianta
3. *Glomus intraradices*; 25 g inoculo/pianta

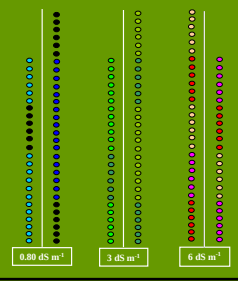
TRATTAMENTI SALINI (15 maggio)

1. Controllo (CE = 0.85 dS m^{-1})
2. SM-Salinità Media (CE = 3 dS m^{-1}) (95 g NaCl + 72 g $CaCl_2$ per 100 litri di acqua)
3. SA-Salinità Alta (CE = 6 dS m^{-1}) (215 g NaCl + 180 $CaCl_2$ per 100 litri di acqua)

Disegno sperimentale

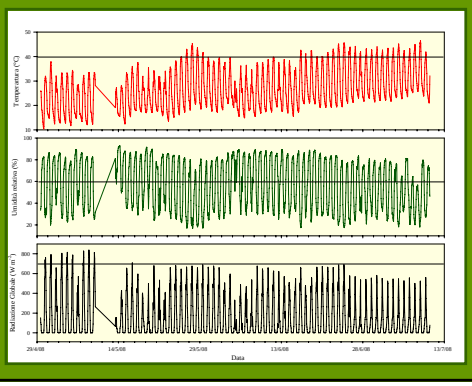
Geranio

3 bancali, 1 linea di irrigazione per bancale ognuna con 54 gocciolatori (2 L h^{-1}). Contenitore per la soluzione irrigua.
162 vasi, 9 trattamenti, 18 piante per trattamento, divise in 3 blocchi di 6 ripetizioni.



- Csm; Irrigazione con 0.80 dS m^{-1}
- C *G. deserticale*; Irrigazione con 0.80 dS m^{-1}
- C *G. intraradices*; Irrigazione con 0.80 dS m^{-1}
- SMsm; Irrigazione con 3 dS m^{-1}
- SM *G. deserticola*; Irrigazione con 3 dS m^{-1}
- SM *G. intraradices*; Irrigazione con 3 dS m^{-1}
- SAsm; Irrigazione con 6 dS m^{-1}
- SA *G. deserticola*; Irrigazione con 6 dS m^{-1}
- SA *G. intraradices*; Irrigazione con 6 dS m^{-1}

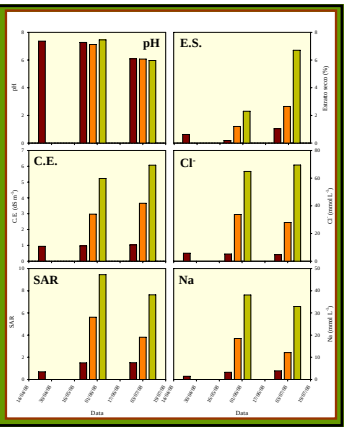
Risultati



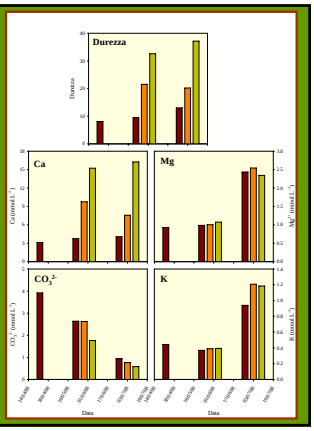
Effetti della salinità (S), delle micorrize (M), e della loro interazione (SxM) sulla frequenza di infezione nelle radici (F), intensità di infezione corticale (M) e frequenza assoluta di arbusculi nelle radici (A)

Parametri misurati	SALINITA'						MICORRIZE						S	M	SxM
	C (0.80 dS/m)		SM (3 dS/m)		SA (6 dS/m)		Senza micorrize		*G. deserticola*		*G. intraradices*				
F (%)	38.33	a	34.24	a	42.50	a	3.06	a	37.58	b	74.45	c	ns	***	ns
M (%)	7.48	a	1.82	a	6.45	a	0.067	a	2.54	a	13.15	b	ns	***	ns
A (%)	1.46	a	0.11	a	1.59	a	0.0	a	0.58	ab	2.58	b	ns	*	ns

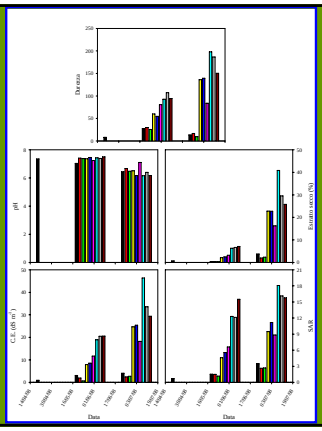
Proprietà e composizione chimica dell'ACQUA DI IRRIGAZIONE nei diversi trattamenti salini durante il periodo sperimentale.



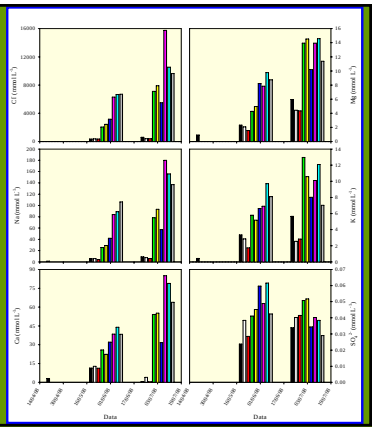
Proprietà e composizione chimica dell'ACQUA DI IRRIGAZIONE nei diversi trattamenti salini durante il periodo sperimentale.



Proprietà e composizione chimica dell'ACQUA DI DRENAGGIO nei diversi trattamenti durante il periodo sperimentale.



Proprietà e composizione chimica dell'ACQUA DI DRENAGGIO nei diversi trattamenti durante il periodo sperimentale.



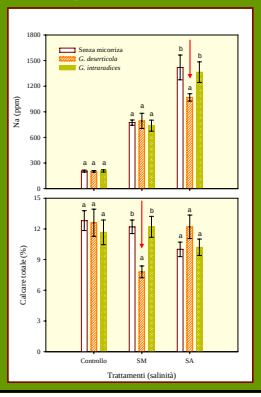
Proprietà e composizione chimica del SUBSTRATO a metà e fine del periodo sperimentale

Parametri misurati		SALINITA'						MICORRIZE						S	M	SxM
		C (0.80 dS/m)		SM (3 dS/m)		SA (6 dS/m)		Senza micorrize		*G. deserticola*		*G. intraradices*				
pH	13/06/08	8.28	a	8.32	a	8.30	a	8.27	a	8.32	a	8.30	a	ns	ns	ns
	15/07/08	8.33	a	8.23	a	8.16	a	8.23	a	8.25	a	8.25	a	ns	ns	ns
CE (dS m-1)	13/06/08	7.82	a	10.44	b	13.69	c	10.43	a	10.88	a	10.63	a	***	ns	ns
	15/07/08	6.32	a	14.01	b	18.94	c	13.67	a	12.55	a	13.05	a	***	ns	ns
Cl- (g Kg-1)	13/06/08	0.57	a	1.97	b	3.27	c	1.91	a	2.05	a	1.85	a	***	ns	ns
	15/07/08	0.80	a	3.77	b	5.98	c	3.68	a	3.49	a	3.38	a	***	ns	ns
P_2O_5 (ppm)	13/06/08	908.50	ab	860.21	a	1004.66	b	921.42	a	898.58	a	953.37	a	*	ns	ns
	15/07/08	1294.87	b	1022.80	a	1050.53	a	1158.80	a	1149.73	a	1059.67	a	***	ns	ns
Na (ppm)	13/06/08	143.38	a	398.15	b	780.71	c	442.73	a	470.48	a	409.03	a	***	ns	ns
	15/07/08	204.65	a	768.30	b	1284.25	c	799.67	a	769.52	a	688.01	a	***	ns	*
K_2O (ppm)	13/06/08	1180.69	a	1336.82	a	1456.26	a	1274.39	a	1270.26	a	1429.14	a	ns	ns	ns
	15/07/08	1063.08	a	1030.39	a	958.64	a	1044.36	a	997.84	a	1009.91	a	ns	ns	ns
N (‰)	13/06/08	5.12	a	5.14	a	5.24	a	5.41	a	4.90	a	5.19	a	ns	ns	ns
	15/07/08	5.26	b	4.51	a	4.64	a	4.81	a	4.61	a	4.99	a	**	ns	ns
Calc.totale (%)	13/06/08	9.25	a	10.08	a	12.00	a	10.33	a	9.92	a	11.08	a	ns	ns	ns
	15/07/08	12.33	a	10.73	a	10.80	a	11.67	a	10.87	a	11.33	a	ns	ns	**
Calc. attivi (g Kg-1)	13/06/08	0.0	a	11.15	b	17.61	c	9.06	a	8.81	a	10.88	a	**	ns	ns
	15/07/08	19.35	a	13.75	a	12.20	a	17.71	a	12.18	a	15.42	a	ns	ns	ns

ANOVA a 2 fattori

*, **, *** e ns indicano il livello di significatività a 0.05, 0.01, 0.001 ed assenza di significatività

Interazioni fra la salinità e le micorrize (SxM) per il Na e il calcare totale nel substrato alla fine del periodo sperimentale

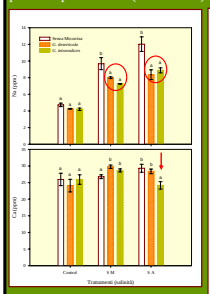


Concentrazione minerale nella parte aerea di geranio a inizio, metà e fine del periodo sperimentale

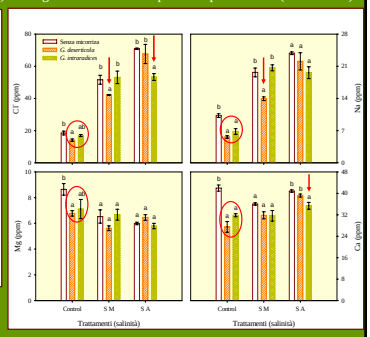
Parametri misurati		SALINITA'						MICORRIZE						S	M	SxM
		C (0.80 dS/m)		SM (3 dS/m)		SA (6 dS/m)		Senza micorrize		*G. deserticola*		*G. intraradices*				
Cl⁻ (ppm)	12/05/08							12.613	a	9.064	a	8.647	a		ns	
	13/06/08	16.235	a	31.466	b	41.354	c	31.519	a	28.116	a	29.421	a	***	ns	ns
	15/07/08	16.446	a	48.938	b	63.934	c	46.971	b	41.251	a	41.097	a	***	*	**
NO_3^- (ppm)	12/05/08							12.823	a	8.833	a	10.247	a		ns	
	13/06/08	6.183	b	4.924	ab	3.782	a	4.673	a	4.889	a	5.326	a	*	ns	ns
	15/07/08	5.335	b	3.116	a	2.138	a	4.205	a	3.024	a	3.360	a	***	ns	ns
Na^+ (ppm)	12/05/08							3.731	a	3.788	a	3178.4	a		ns	
	13/06/08	4.394	a	8.314	b	9.755	c	8812	b	6.869	a	6.782	a	***	***	*
	15/07/08	7.543	a	18.077	b	21.824	c	17.901	c	13.862	a	15.681	b	***	***	**
K^+ (ppm)	12/05/08							36.687	a	34.456	a	33.472	a		ns	
	13/06/08	31.067	a	28.471	a	30.513	a	32.916	b	28.354	a	28.782	a	ns	*	ns
	15/07/08	29.313	a	27.332	a	28.928	a	28.959	a	27.272	a	29.342	a	ns	ns	ns
Mg^{2+} (ppm)	12/05/08							4.134	a	4.878	a	3.874	a		ns	
	13/06/08	5.162	a	5.814	b	5.036	a	5.341	a	5.396	a	5.275	a	***	ns	ns
	15/07/08	7.511	b	6.276	a	6.082	a	7.057	a	6.286	a	6.526	a	***	ns	*
Ca^{2+} (ppm)	12/05/08							17.515	a	16.531	a	14.650	a		ns	
	13/06/08	25.315	a	28.390	b	27.284	ab	27.336	a	27.409	a	26.244	a	*	ns	*
	15/07/08	33.763	a	33.138	a	38.452	b	39.599	b	32.823	a	32.931	a	***	***	***
P (ppm)	12/05/08															
	13/06/08	2.102	ab	1.947	a	2.456	b	2.036	a	2.359	a	2.109	a	*	ns	ns
	15/07/08	5.106	b	4.018	a	4.057	a	4.129	a	4.772	a	4.279	a	**	ns	ns

ANOVA a 2 fattori
***, **, *** e ns indicano il livello di significatività a 0.05, 0.01, 0.001 ed assenza di significatività**

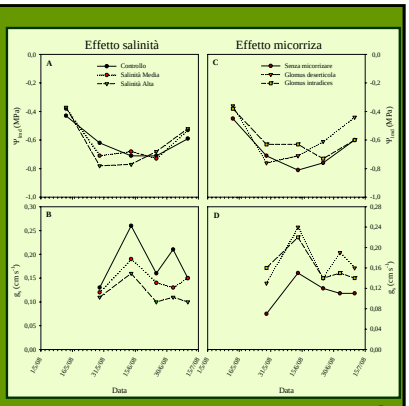
Concentrazione di Na e Ca nella parte aerea di geranio a metà del periodo sperimentale (13/06/2008)



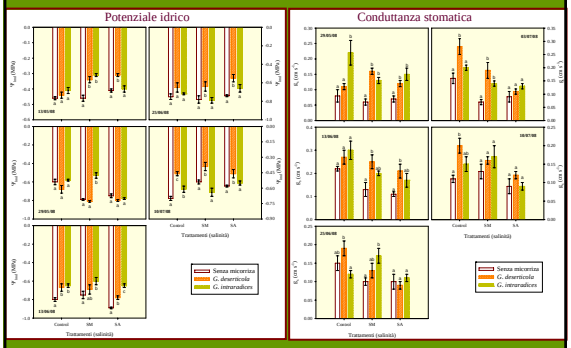
Concentrazione di Cl⁻, Na, Mg e Ca nelle parte aerea di geranio alla fine del periodo sperimentale (15/07/2008)



Effetti della salinità (A, B) e delle micorrize (C, D) sullo stato idrico (Ψ_l e g_s) del geranio.



Interazioni fra la salinità e le micorrize (SxM) sullo stato idrico (Ψ_l e g_s) del geranio durante il periodo sperimentale

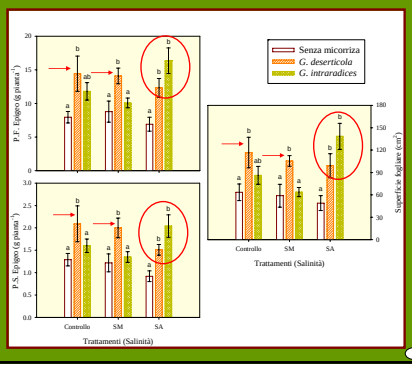


Effetti della salinità (S), delle micorrize (M), e della loro interazione (SxM) sui parametri di crescita alla fine del ciclo produttivo

Parametri misurati	SALINITA' (S)						MICORRIZE (M)						S	M	SxM
	C (0.80 dS/m)		SM (3 dS/m)		SA (6 dS/m)		Senza micorrize		*G. deserticola*		*G. intraradices*				
Superficie fogliare (cm^2)	88.83	a	76.08	a	95.50	a	57.14	a	104.10	b	96.12	b	ns	***	*
P.F. Epigeo (g pianta⁻¹)	11.40	a	10.99	a	11.85	a	7.89	a	13.62	b	12.75	b	ns	***	*
N° Infiorescenze	0.87	a	0.93	a	0.60	a	0.40	a	1.27	a	0.73	a	ns	ns	ns
P.S. Epigeo (g pianta⁻¹)	1.66	a	1.52	a	1.49	a	1.14	a	1.87	b	1.66	b	ns	***	*
Succulenza	6.83	a	8.20	b	8.86	c	7.33	a	8.14	b	8.43	b	***	**	ns

ANOVA a 2 fattori
***, **, *** e ns indicano il livello di significatività a 0.05, 0.01, 0.001 ed assenza di significatività**

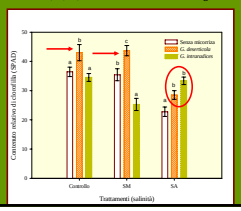
Interazioni fra la salinità e le micorrize (SxM) sul peso fresco e secco epigeo e sulla superficie fogliare

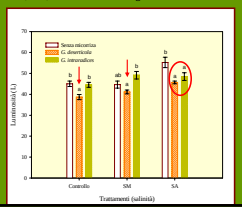


Effetti della salinità (S), delle micorrize (M), e delle loro interazioni (SxM) su contenuto relativo di clorofilla CRC (SPAD) e sui parametri del colore CIELAB; Luminosità (L), angolo Hue e CHROMA misurati su foglie di geranio alla fine del periodo sperimentale

Parametri misurati	SALINITA' (S)			MICORRIZE (M)			S	M	SxM
	C (0.8 dS/m)	SM (3 dS/m)	SA (6 dS/m)	Senza micorrize	*G. deserticola*	*G. intraradices*			
CRC (SPAD)	37.99 b	34.82 b	28.23 a	31.55 a	38.42 b	31.07 a	***	***	***
L (Luminosità)	42.75 a	44.97 a	50.12 b	48.29 b	42.15 a	47.39 b	***	***	*
Hue	125.56 c	123.13 b	120.98 a	123.04 ab	124.56 b	122.07 a	***	*	ns
Chroma	23.10 a	24.12 a	26.45 b	25.93 b	22.19 a	25.54 b	***	***	ns

ANOVA a 2 fattori; *, **, * e ns indicano il livello di significatività a 0.05, 0.01, 0.001 ed assenza di significatività**





Condizioni sperimentali

Garofano

LOCALIZZAZIONE E DURATA DELLA PROVA

- **Valenzano, in serra in vetro di 200 m², 4 metri di altezza al colmo**
- **Novemebre 2008 - Maggio 2009**

MATERIALE VEGETALE

- **189 talee attecchite di apross. 6 - 7 cm di altezza di *Dianthus cariophyllus* Tipo Carnelia, cv. Kazan**

Barberet & Blanc S.A. (Tricarico Vinzenzo - Terlizzi)

TRAPIANTO
14 Novembre di 2008
VASO, SUBSTRATO E CONZIMACIONE
• Polietilene marrone, Ø = 12 cm, H = 10.8 cm e V = 1.1 L
• Substrato commerciale; Vigor Plant 70 L Growing Medium (torbe irlandesi e baltiche)
• Concimazione; a rilascio controllato PRATO-KOLFLOR-Kollant, 19-7-15 (5 g pianta⁻¹) ed Acido fosforico (70 mL per 100 L di acqua)

Trattamenti

Garofano

Micorrize x Salinità dell'acqua irrigua

ENDOMICORRIZE (14 novembre-trapianto)
Prodotto comerciale Glomygel GARDEN

1. **Senza micorrize; 0 ml inoculo/pianta**
2. ***Glomus intraradices* ceppo I; 1 ml inoculo/pianta**
3. ***Glomus intraradices* ceppo II; 1 ml inoculo/pianta**

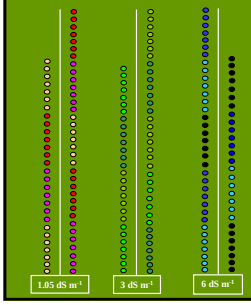
TRATTAMENTI SALINI (14 gennaio)

1. **Controllo (CE = 1.05 dS m⁻¹)**
2. **SM-Salinità Media (CE = 3 dS m⁻¹) (150 g NaCl per 100 litri di acqua)**
3. **SA-Salinità Alta (CE = 6 dS m⁻¹) (350 g NaCl per 100 litri di acqua)**

Disegno sperimentale

Garofano

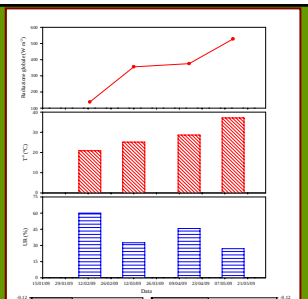
3 bancali, 1 linea di irrigazione per bancale ognuna con 63 gocciolatori (2 L h⁻¹). Contenitore per la soluzione irrigua.
189 vasi, 9 trattamenti, 21 piante per trattamento, divise in 3 blocchi di 7 ripetizioni.



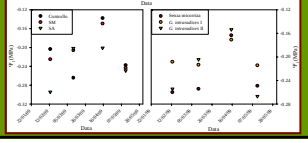
- **•Csm: Irrigazione con 0.80 dS m⁻¹**
- **•C *G. intraradices* ceppo I; Irrigazione con 0.80 dS m⁻¹**
- **•C *G. intraradices* ceppo II; Irrigazione con 0.80 dS m⁻¹**
- **•SMsm; Irrigazione con 3 dS m⁻¹**
- **•SM *G. intraradices* ceppo I; Irrigazione con 3 dS m⁻¹**
- **•SM *G. intraradices* ceppo II; Irrigazione con 3 dS m⁻¹**
- **•SAsm: Irrigazione con 6 dS m⁻¹**
- **•SA *G. intraradices* ceppo I; Irrigazione con 6 dS m⁻¹**
- **•SA *G. intraradices* ceppo II; Irrigazione con 6 dS m⁻¹**

Risultati

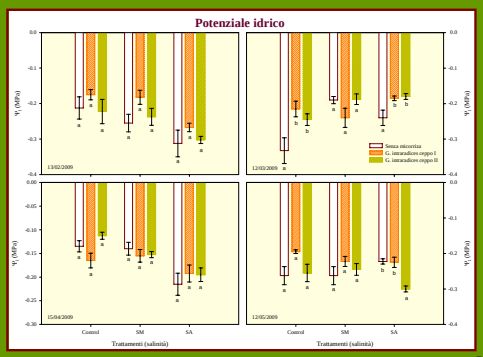
Radiazione globale, temperatura e umidità relativa



Effetti della salinità e delle micorrize sullo stato idrico del geranio (potenziale idrico a mezzogiorno).



Interazioni fra la salinità e le micorrize (SxM) sullo stato idrico del geranio durante il periodo sperimentale

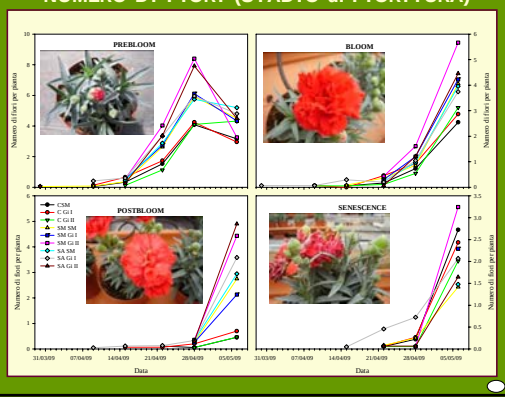


Effetti della salinità (S), delle micorrize (M), e della loro interazione (SxM) sui parametri di crescita alla fine del periodo sperimentale

Parametri misurati	SALINITA'			MICORRIZE			S	M	SxM
	C (0.80 dS/m)	SM (3 dS/m)	SA (6 dS/m)	Senza micorrize	*G. intraradices* ceppo I	*G. intraradices* ceppo II			
Altezza foglie (cm)	15.0 c	12.93 b	11.45 a	13.19 ab	13.43 b	12.77 a	***	*	ns
Altezza steli (cm)	18.40 c	17.47 b	15.30 a	17.03 a	17.17 a	16.97 a	***	ns	ns
Altezza foglie/steli	0.82 b	0.74 a	0.75 a	0.77 a	0.78 a	0.75 a	***	ns	ns
Larghezza	17.02 b	16.62 b	14.30 a	15.88 a	16.20 a	15.85 a	***	ns	ns
Area fogliare (cm^2)	319.69 b	306.44 ab	273.43 a	309.14 a	285.98 a	304.42 a	*	ns	ns
A. fogliare/altezza steli	17.42 a	17.66 a	17.92 a	18.10 a	16.85 a	18.05 a	ns	ns	ns
P.F. Foglie (g pianta^{-1})	37.57 a	40.31 a	39.07 a	39.70 a	39.73 a	37.52 a	ns	ns	ns
P.F. Steli (g pianta^{-1})	18.12 b	17.13 b	14.81 a	16.15 a	16.60 a	17.21 a	**	ns	ns
P.F. Fiori (g pianta^{-1})	20.24 a	25.42 b	22.15 ab	21.07 a	23.45 a	23.29 a	*	ns	ns
P.F. Epigeo (g pianta^{-1})	75.93 a	82.86 a	75.94 a	76.93 a	79.77 a	78.02 a	ns	ns	ns
P.F. Radici (g pianta^{-1})	6.26 a	6.11 a	5.26 a	6.79 b	6.16 b	4.69 a	ns	**	ns
P.F. Totale (g pianta^{-1})	82.19 a	88.97 a	81.20 a	83.71 a	85.93 a	82.71 a	ns	ns	ns
P.S. Foglie (g pianta^{-1})	5.60 b	5.46 b	4.91 a	5.46 a	5.17 a	5.35 a	*	ns	ns
P.S. Steli (g pianta^{-1})	2.58 b	2.39 b	1.77 a	2.21 a	2.18 a	2.34 a	***	ns	ns
P.S. Fiori (g pianta^{-1})	3.52 a	4.85 b	4.26 b	3.99 a	4.26 a	4.38 a	**	ns	ns
P.S. Epigeo (g pianta^{-1})	11.70 ab	12.70 b	10.95 a	11.66 a	11.61 a	12.07 a	**	ns	ns
P.S. Radici (g pianta^{-1})	1.09 b	0.90 a	0.79 a	0.98 a	0.97 a	0.83 a	**	ns	ns
P.S. Totale (g pianta^{-1})	12.79 b	13.60 b	11.73 a	12.64 a	12.59 a	12.90 a	**	ns	ns
Succulenza Aerea	6.74 a	7.38 ab	7.96 b	7.30 a	7.74 a	7.05 a	**	ns	ns
PSRadici/PSAereo	0.094 b	0.072 a	0.073 a	0.085 a	0.085 a	0.069 a	**	ns	ns

ANOVA a 2 fattori
***, **, *** e ns indicano il livello di significatività a 0.05, 0.01, 0.001 ed assenza di significatività**

NUMERO DI FIORI (STADIO di FIORITURA)



Effetti della salinità (S), delle micorrize (M), e della loro interazione (SxM), su contenuto relativo di clorofilla CRC (SPAD) e i parametri di colore CIELAB (Luminosità (L), angolo Hue e Chroma misurati nelle fiori e foglie di geranio alla fine del periodo sperimentale.

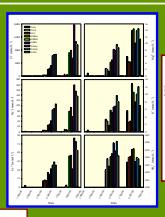
Parte della pianta	Parametri misurati	SALINITA'			MICORRIZE			S	M	SxM
		C (0.80 dS/m)	SM (3 dS/m)	SA (6 dS/m)	Senza micorrize	*G. intraradices* ceppo I	*G. intraradices* ceppo II			
Foglie	L	45.47 a	49.03 b	48.39 b	47.52 a	48.86 b	46.52 a	***	**	ns
	Hue	144.88 c	139.30 b	135.71 a	140.93 a	139.13 a	139.83 a	***	ns	ns
	Chroma	8.75 a	10.43 b	12.74 c	10.66 a	10.96 a	10.31 a	***	ns	ns
Fiori	L	42.10 a	45.59 b	46.98 b	45.18 a	43.97 a	45.52 a	**	ns	ns
	Hue	28.81 b	28.10 b	26.17 a	28.52 a	27.40 a	27.15 a	***	ns	ns
	Chroma	67.80 b	67.60 b	63.85 a	68.07 b	66.63 ab	64.54 a	**	*	ns

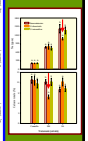
ANOVA a 2 fattori; *, **, * e ns indicano il livello di significatività a 0.05, 0.01, 0.001 ed assenza di significatività**

Conclusioni

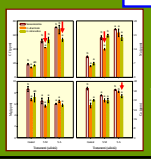
Geranio

Gli effetti sull'ambiente della salinità nell'acqua di drenaggio vengono alleviati con l'inoculazione micorrizica nelle piante, soprattutto nel geranio inoculato con *G. intraradices*, mentre nel substrato è *G. deserticola* che riduce il Na e il calcare totale.





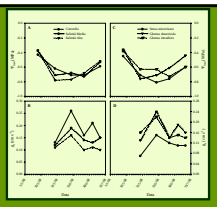
Nelle piante gli ioni tossici (Na e Cl) diminuiscono con entrambe le micorrize.
G. deserticola - salinità media
G. intraradices - salinità alta



Micorrize
↓ acqua di drenaggio
↓ parte aerea delle piante
≠ substrato

Il **geranio** si adatta alle condizioni di salinità con la chiusura stomatica nelle ore centrali del giorno

per conservare lo stato idrico



- parametri di crescita

il geranio tollera la salinità

- parametri di qualità ornamentale

il geranio non tollera la C.E. dell'acqua irrigua > 3 dS m^{-1}

Il **garofano** si adatta alle condizioni di salinità riducendo la crescita (deficit idrico provocato dall'accumulo di sali nel substrato)

per conservare lo stato idrico

- parametri di crescita e di qualità ornamentale

il garofano non tollera la C.E. dell'acqua irrigua > 3 dS m^{-1}

> 3 dS m^{-1} → anticipo della fioritura e maggior numero di fiori per pianta

Geranio

- le micorrize (di natura) migliorano:
  - lo stato idrico
  - la crescita
  - la qualità ornamentale
- *G. deserticola* si è dimostrata superiore a *G. intraradices*
- L'azione delle micorrize è più evidente in condizioni di stress salino.

Garofano

- le micorrize (commerciali) non producono modifche significative:
- lo stato idrico
- la crescita
- la qualità ornamentale

Grazie
Gracias
Thanks
Bedank